

PATENT
ATTORNEY DOCKET NO.: 053847-5003

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of:)
)
Tohru ISHIZUYA, et al.)
)
Application No.: 10/676,733) Group Art Unit: 2873
)
Filed: October 2, 2003) Examiner: Unassigned
)
For: OPTICAL ELEMENT, THIN FILM)
STRUCTURE, OPTICAL SWITCH,)
AND METHOD OF MANUFACTURING)
OPTICAL ELEMENT)

Commissioner for Patents
Arlington, VA 22202

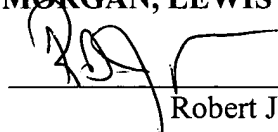
CLAIM FOR PRIORITY

Under the provisions of 35 U.S.C. §119, Applicants hereby claim the benefit of the filing date of **Japanese** Patent Application Nos. 2002-291400 filed October 3, 2002, 2002-301878 filed October 16, 2002, 2002-02729 filed January 9, 2002 for the above-identified United States Patent Application.

In support of Applicants claim for priority, filed herewith is a certified copy of the Japanese application.

Respectfully submitted,

MORGAN, LEWIS & BOCKIUS LLP



Robert J. Goodell
Reg. No. 41,040

Dated: February 9, 2004

MORGAN, LEWIS & BOCKIUS LLP
1111 Pennsylvania Avenue, N.W.
Washington, D.C. 20004
(202)739-3000

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 2 年 1 0 月 3 日
Date of Application:

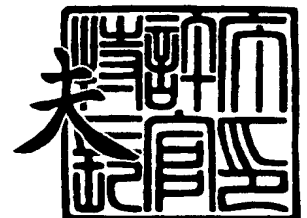
出 願 番 号 特 願 2 0 0 2 - 2 9 1 4 0 0
Application Number:
[ST. 10/C] : [J P 2 0 0 2 - 2 9 1 4 0 0]

出 願 人 株 式 会 社 ニ コ ン
Applicant(s):

2 0 0 3 年 9 月 1 2 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康



出証番号 出証特 2 0 0 3 - 3 0 7 5 3 0 5

【書類名】 特許願

【整理番号】 NK14602000

【提出日】 平成14年10月 3日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G02B 26/08

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン
 内

 【氏名】 鈴木 純児

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン
 内

 【氏名】 石津谷 徹

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン
 内

 【氏名】 鈴木 美彦

【特許出願人】

 【識別番号】 000004112

 【氏名又は名称】 株式会社 ニコン

 【代表者】 嶋村 輝郎

【代理人】

 【識別番号】 100084032

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 三品 岩男

 【電話番号】 045(316)3711

【選任した代理人】

【識別番号】 100104570

【弁理士】

【氏名又は名称】 大関 光弘

【電話番号】 045(316)3711

【選任した代理人】

【識別番号】 100102820

【弁理士】

【氏名又は名称】 西村 雅子

【電話番号】 045(316)3711

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 011992

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0117772

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光学装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板と、該基板上に搭載された光学素子と、前記光学素子の位置変動を抑制するための抑制部とを有し、

前記光学素子は、所望の光学特性を有する光学膜と、前記光学膜を支持する支持部とを有し、該支持部は、湾曲した膜部材を含み、該膜部材は一方の端部が前記基板に固定され、他方の端部を前記湾曲により持ち上げることにより、前記光学膜の主平面を前記基板の主平面に対して非平行に支持する構成であり、

前記抑制部は、前記光学膜が、該光学膜の法線方向、または、上方へ位置変動するのを抑制することを特徴とする光学装置。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の光学装置において、前記支持部は、前記湾曲した前記膜部材の他に、湾曲した第 2 の膜部材と、接続部と、前記光学膜を搭載する光学膜支持部とを有し、

前記接続部は、前記膜部材の前記他方の端部に接続され、前記第 2 の膜部材は、一方の端部が前記接続部に接続され、前記接続部から下向きに吊り下げられた他方の端部に前記光学膜支持部が接続され、

前記抑制部は、前記光学膜の前記位置変動を抑制するために、前記光学膜支持部の位置変動を抑制することを特徴とする光学装置。

【請求項 3】

請求項 2 に記載の光学装置において、前記抑制部は、前記基板の一部を切り出して湾曲させた部材であることを特徴とする光学装置。

【請求項 4】

請求項 2 に記載の光学装置において、前記抑制部は、薄膜で構成された立体構造体を複数段積み重ねた多段立体構造体であることを特徴とする光学装置。

【請求項 5】

請求項 4 に記載の光学装置において、該多段立体構造体は、鉤状部を有し、該

鉤状部が、前記光学膜支持部に設けられた開口に挿入されていることを特徴とする光学装置。

【請求項 6】

請求項 4 に記載の光学装置において、前記多段立体構造体は、前記光学膜支持部の上部に覆いかぶさる張り出し部を有することを特徴とする光学装置。

【請求項 7】

請求項 2 に記載の光学装置において、前記抑制部は、前記光学膜支持部から基板に向かって設けられた突起部と、前記基板に設けられた開口とを含み、前記突起部は、前記開口に嵌合していることを特徴とする光学装置。

【請求項 8】

請求項 1 ないし 7 のいずれかに記載の光学装置において、前記基板は、前記光学素子を移動させるための可動基板であり、1 以上の膜で構成されていることを特徴とする光学装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、薄膜により形成された光学素子を備えた光学装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

微小なミラーをアクチュエータにより移動させて光路中に挿入することにより、光路を切り換える光スイッチが、例えば特許文献 1 に記載されている。この光スイッチは、マイクロマシニング技術によって、微小なミラーを搭載した可動電極板を形成している。微小なミラーは、反射面が可動電極板の主平面に対して垂直である。可動電極板と対向する位置には、固定電極が配置され、可動電極板と固定電極との間に電圧を印加することにより、静電力により、可動電極板を移動させる。これにより、微小なミラーを光路中に挿入したり、光路中から取り出したりする構造である。

【0003】

【特許文献 1】

特開 2001-42233 号公報

上記特許文献 1 に記載の光スイッチでは、可動電極板上にミラーを形成するために、可動電極板となる薄膜上に、ミラーの高さ分の厚さを有するフォトリジスト膜を形成し、フォトリジスト膜にミラーの形状のエッチングホールを設け、エッチングホール内にめっき法に金属膜を成長させた後、フォトリジスト膜を除去している。

【0004】

また、微小なミラーをアクチュエータ上に搭載し、アクチュエータによりミラーを光路中に移動させて、光路を切り換える光スイッチが、特許文献 2 に開示されている。

【0005】**【特許文献 2】**

特開 2001-142008 号公報

また、基板上にプレートとなる膜を成膜し、このプレートを基板に対して垂直に起こすことにより、基板に垂直なプレートを形成することが、非特許文献 1 に開示されている。プレートとなる膜の形成プロセスにおいて、プレートの一方の端部と、基板とを接続するヒンジ構造を形成している。このヒンジを中心にプレートを起こし、微細な垂直構造体を形成している。

【0006】**【非特許文献 1】**

Sensors and Actuators A, 33(1992)249-256, "Micro fabricated Hinges"

【0007】**【発明が解決しようとする課題】**

上記特許文献 1 (特開 2001-42233 号公報) 記載の光スイッチの微小なミラーは、上述のように、ミラーの高さ分だけ厚く形成されたフォトリジスト膜にエッチングホールを設け、このエッチングホールにめっき法により金属膜を充填することにより形成される。このため、ミラー面は、エッチングホールの側

面の表面形状を反転した形状となる。現状のフォトリソ膜のエッチング技術では、エッチングホール側の側面の主平面に対する角度を制御することは難しく、しかも、側面の表面粗さを滑らかにすることも難しい。このため、特許文献1（特開2001-42233号公報）記載の方法で、可動電極板に対して反射面が垂直で、反射率の高いミラーを製造することは困難であった。

【0008】

また、上記特許文献2（特開平2001-142008号公報）には、微小なミラー構造および製造方法についての詳しい記載はなされていない。

【0009】

また、上記非特許文献1（Sensors and Actuators A, 33(1992)249-256, "Micro fabricated Hinges"）に記載のプレートをヒンジにより垂直に起こして支える構成を、光スイッチのミラーに応用することが考えられるが、薄膜プロセスで形成されたプレートを、薄膜プロセスで形成された立体構造のヒンジにより垂直に支える構成であるため、ガタが生じやすく、強度も得にくい。このため、基板面に対してプレートを垂直に維持することは難しい。

【0010】

本発明は、所望の向きに光学膜が支持され、安定した光学装置を提供することを目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、本発明によれば、以下のような光学装置が提供される。すなわち、

基板と、該基板上に搭載された光学素子と、前記光学素子の位置変動を抑制するための抑制部とを有し、

前記光学素子は、所望の光学特性を有する光学膜と、前記光学膜を支持する支持部とを有し、該支持部は、湾曲した膜部材を含み、該膜部材は一方の端部が前記基板に固定され、他方の端部を前記湾曲により持ち上げることにより、前記光学膜の主平面を前記基板の主平面に対して非平行に支持する構成であり、

前記抑制部は、前記光学膜が、該光学膜の法線方向、または、上方へ位置変動



するのを抑制することを特徴とする光学装置である。

【0012】

上記光学装置において、前記支持部は、前記湾曲した前記膜部材の他に、湾曲した帯状の第2の膜部材と、接続部材と、前記光学膜を搭載する光学膜支持部とを有する構成にすることが可能であり、

前記接続部は、前記膜部材の前記他方の端部に接続され、前記第2の膜部材は、一方の端部が前記接続部に接続され、前記接続部から下向きに吊り下げられた他方の端部に前記光学膜支持部が接続される構成にすることができ、

前記抑制部は、前記光学膜の前記位置変動を抑制するために、前記光学膜支持部の位置変動を抑制する構成にすることができる。

【0013】

上記光学装置において、前記抑制部は、前記基板の一部を切り出して湾曲させた部材にすることができる。

【0014】

上記光学装置において、前記抑制部は、薄膜で構成された立体構造体を複数段積み重ねた多段立体構造体であることができる。

【0015】

上記光学装置において、該多段立体構造体は、鉤状部を有する構成にすることができ、このとき、該鉤状部が、前記光学膜支持部に設けられた開口に挿入されている構成にすることができる。

【0016】

上記光学装置において、前記多段立体構造体は、前記光学膜支持部の上部に覆いかぶさる張り出し部を有する構成にすることができる。

【0017】

上記光学装置において、前記多段立体構造体は、前記光学膜支持部が、前記膜部材の前記一方の端部へ向かう方向とは逆方向に位置変動するのを抑制する構造をさらに有する構成にすることができる。

【0018】

上記光学装置において、前記抑制部は、前記光学膜支持部から基板に向かって

設けられた突起部と、前記基板に設けられた開口とを含み、前記突起部は、前記開口に嵌合している構成にすることができる。

【0019】

上記光学装置において、前記基板は、前記光学素子を移動させるための可動基板であり、1以上の膜で構成されている構成にすることができる。

【0020】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の一実施の形態の光学装置について図面を用いて説明する。

（第1の実施の形態）

本実施の形態の光学装置は、図2に示したように薄膜で構成されたミラー118を光学素子として用い、このミラー118に対して一对のストッパ106を配置することにより、ミラー118に外部から振動等が加わった場合であっても、ミラー118の向きが変化するのを抑制することができるように構成した抑制部を有するものである。このような構成により、例えば、光学素子を構成する光学膜の法線方向、または、上方へ位置への変位が抑制される。本実施形態においては、ミラー118の反射面を構成する光学膜の、法線方向への変位、法線と直交する上下方向への変位が抑制される。

【0021】

本実施の形態の光学装置は、図11(a)、(b)のように、光導波路基板240と、ミラー構造体基板230とを、不図示のスペーサを挟むことにより一定の間隔をあけて重ね合わせた構成の光スイッチである。

【0022】

ミラー構造体基板230には、図11(a)、(b)および図13に示したように可動板231が搭載され、可動板231上に、上記ミラー118が搭載されている。

【0023】

ミラー118は、図2、図3、図14(a)、(b)に示したように、2本の支持部（第1の膜部材）102と、2つの接続部104と、2本の支持部（第2の膜部材）103と、反射部101と、反射部支持部105とを有している。支

持部 102 と支持部 103 は、例えば、帯状に形成され、いずれも長手方向に円弧状に湾曲している。また、接続部 104 と反射部支持部 105 と反射部 101 には、剛性を高めるために、縁に段差（折り返し）が形成されている。2 本の支持部 102 の一方の端部は、脚部 102c により可動板 231 に固定されている。2 本の支持部 102 の先端には、それぞれ接続部 104 を介して支持部 103 の上端が接続されている。2 本の支持部 103 は下向きに垂れ下がり、その先端は、反射部支持部 105 の両端を支持している。反射部支持部 105 には、反射部 101 が搭載されている。これにより、反射部 101 を搭載した反射部支持部 105 は、2 本の支持部 103 によって吊り下げられた構成となっている。反射部 101 は、光学素子の工学的な機能を発揮する部分であり、光学膜により構成される。従って、反射部支持部 105 は、光学膜支持部ということもできる。

【0024】

湾曲した支持部 102 は、図 14 (a) に示したように窒化シリコン膜 102a と Al 膜 102b とを積層した 2 層膜である。一方、支持部 103 は、Al 膜 103a と窒化シリコン膜 103b とを積層した 2 層膜である。支持部 102, 103 は、いずれも、Al 膜と窒化シリコン膜との熱膨張係数の差異によって生じる応力ならびに成膜時に生じる応力によって円弧状に湾曲している。このとき、図 2, 図 3, 図 14 (a) に示したように、支持部 102 は、可動板 231 に対して上向きに湾曲しているのに対して、支持部 103 は、支持部 102 とは逆向きに湾曲している。このような湾曲を実現するために、支持部 102 は、可動板 231 側から窒化シリコン膜 102a、Al 膜 102b の順に積層され、支持部 103 は、可動板 231 側から Al 膜 103a、窒化シリコン膜 103b の順に積層されている。

【0025】

このように支持部 103 を支持部 102 に対して逆向きに湾曲させることにより、図 14 (a) のように、反射部 101 が支持される位置を、可動板 231 に近い低い位置にすることができるとともに、水平方向については、支持部 102 の脚部 102c に近い位置に反射部 101 を支持することができる。また、温度変化により支持部 102, 103 の湾曲状態が変化しても反射部 101 の位置が

大きく変化しにくい。これにより、ミラー 118 は、反射部 101 が振動しにくく、反射部 101 の位置を安定させることができる。

【0026】

さらに、可動板 231 上には、図 3 に示したように、反射部支持部 105 の片面側（脚部 102c が配置されている側とは逆の側）に、2 つの薄膜立体構造体 5 を第 2 のストッパとして搭載している。薄膜立体構造体 5 は、反射部支持部 105 の両脇を図 3 中の x 方向に押して支える位置に配置されている。このように薄膜立体構造体 5 が反射部支持部 105 を図 3 の x 方向に支えることにより、温度変化により支持部 102, 103 の湾曲状態が変化しても、反射部 101 の位置および向きを一定に維持することができる。

【0027】

このように、ミラー 118 は、薄膜立体構造体 5 が反射部支持部 105 を支持することにより、温度変化により支持部 102, 103 の湾曲状態が変化しても安定な構成であるが、本実施の形態では、さらに、外部振動等が加わっても反射部支持部 105 の位置を安定にするために、図 2 のように反射部支持部 105 の脚部 102c が配置されている側に、ストッパ 106 を配置している。ストッパ 106 は、反射部支持部 105 を挟んで、薄膜立体構造体 5 と対向する位置にそれぞれ配置されている。ストッパ 106 は、可動板 231 の一部にコの字型の切り込み 106a を形成し、切り込み 106a の内側の長方形の領域を湾曲により立ち上がらせることにより構成されている。ストッパ 106 の湾曲は、可動板 231 を構成する 3 層膜の内部応力により生じさせている。湾曲の方向は、ストッパ 106 の長手方向である。可動板 231 の膜構成については、後で詳しく説明する。

【0028】

ストッパ 106 の先端 106b は、反射部支持部 105 と接触して反射部支持部 105 を薄膜立体構造体 5 と挟み込むように位置決めされている場合に、外部振動が加わった場合であっても反射部支持部 105 の移動をほぼ完全に抑制でき好ましい。しかしながら、先端 106b は、反射部支持部 105 と必ずしも接触していなくともよく、反射部支持部 105 との間に間隙が空いていてもよい。

【0029】

その理由は、ミラー 118 の構造上、温度変化により反射部支持部 105 が移動しやすい方向は、薄膜立体構造体 5 が配置されている方向であり、この移動は、上述のように薄膜立体構造体 5 が止めている。このため、通常の状態では反射部支持部 105 の位置は薄膜立体構造体 5 と接する位置で安定している。ストッパ 106 の方向に反射部支持部 105 が移動するのは、大きな外部振動等が加わった場合である。よって、ストッパ 106 の先端 106b と反射部支持部 105 との間に間隙が空いていても、外部振動が加わったときに反射部支持部 105 がストッパ 106 の先端 106b に接するまでわずかに移動するだけであり、それ以上の移動は、ストッパ 106 により制限される。また、外部からの振動がなくなれば、反射部支持部 105 は再び薄膜立体構造体 5 と接する位置に戻る。よって、ストッパ 106 は、先端 106b が反射部支持部 105 と接していることが好ましいが、必ずしも接していなくとも良く、間隙が空いていてもかまわない。

【0030】

つぎに、可動板 231 の構造について説明する。

【0031】

可動板 231 は、図 15 (b) のように窒化シリコン膜 361 と Al 膜 362 と窒化シリコン膜 363 とを順に積層した 3 層膜からなる。可動板 231 は、窒化シリコン膜 361、363 と Al 膜 362 との熱膨張係数の差によって生じる内部応力、ならびに、成膜時に生じた内部応力により、常温で基板 230 に対して上向きに湾曲するように、予め定められた膜厚および成膜条件によって形成されている。

【0032】

可動板 231 は、図 13 に示したようにミラー 118 を搭載するための長方形のミラー搭載板 231b と、ミラー搭載板 231b の端部に接続された 2 本の帯状の支持板 231c とを含む。支持板 231c は、それぞれの端部に脚部 231a および脚部 231d を有している。脚部 231a および 231d は、いずれも基板 230 に固定されている。これにより、可動板 231 は、内部応力により上向きに湾曲することにより、脚部 231a、231d を固定端として図 11 (b

）のようにミラー搭載板 231 b 側が持ち上がる。これにより、ミラー 118 を、図 11 (b) のように、光導波路基板 240 の溝 246 に挿入することができる。

【0033】

一方、光導波路基板 240 には、図 12 に示したように光導波路 243、244 が予め定めた角度で交差するように配置されている。これら光導波路 243、244 は、光導波路基板 240 に埋め込まれている。光導波路 243 と光導波路 244 とが交差する部分には、ミラー構造体基板 230 のミラー 118 を挿入するための溝 246 が設けられている。溝 246 の開口方向は、図 11 (a), (b) および図 12 に示したようにミラー構造体基板 230 側（下側）に向けられている。この溝 246 に、図 11 (b) のように、ミラー 118 の反射部 101 を挿入することにより、交差する光導波路 244, 243 のうちの一方を伝搬する光を反射して、他方の光導波路に入射させ、スイッチング動作を行うことができる。

【0034】

また、ミラー構造体基板 230 の可動板 231 には、図 13、図 15 (a) のようにミラー搭載板 231 b の縁に沿って凸部 364 が設けられている（なお、図 2 では、凸部 364 を省略して図示している。）。凸部 364 は、図 15 (b) に示したように、可動板 231 を構成する 3 層膜を凸型にすることにより形成されている。この凸部 364 は、可動板 231 の支持板 231 c の一部の領域にも設けられている。なお、支持板 231 c の脚部 231 a、231 d 寄りの領域には、凸部 364 は設けられていない。このように凸部 364 を設けることにより、可動板 231 の縁に段差が生じるため、凸部 364 で囲まれた領域および凸部 364 が設けられた領域は、内部応力による湾曲が抑制され、平面性を維持することができる。よって、可動板 231 に搭載されているミラー 118 の形状を一定に保つことができ、反射部 101 の向きを精度良く一定に維持することができる。

【0035】

また、支持板 231 c の脚部 231 a、231 b に近い領域は、凸部 364 が

設けられていないため、内部応力によって湾曲する。この領域の湾曲より、可動板 231 は、脚部 231 a、231 d を固定端として、図 11 (b) のように、ミラー搭載板 231 b 側が持ち上がる。このように、平面性を維持したい部分のみに凸部 364 を設けることにより、湾曲を利用して可動板 231 を可動な構成にしながら、必要な部分を平面にすることができる。

また、凸部 364 の一部 364 a、364 b は、図 15 (a) に示したように、可動板 231 のうちミラー搭載板 231 b の中央部に向かって延びている。これにより、凸部 364 で囲まれたミラー搭載板 231 の中央部の面積が大きい場合であっても、中央部の領域の平面性を維持することができる。また、凸部 364 の一部 364 b は、薄膜立体構造体 5 の 1 段目を兼用している。

【0036】

なお、図 15 (a) に示したように、可動板 231 のうちミラー 118 が搭載されている領域は、上述のように凸部 364 によって囲まれ、平面性が維持される構成であるが、切り込み 106 a をコの字型に入れたことにより、その内側の長方形のストッパ 106 の部分には、もはや凸部 364 の作用は及ばなくなる。これにより、ストッパ 106 の部分は、可動板 231 を構成する 3 層膜の有する内部応力により図 2 のように上向きに反り、ストッパとして作用する。

【0037】

つぎに、可動板 231 の A1 膜 362 の形状について、図 16 を用いて説明する。本実施の形態では、ローレンツ力と静電力の両方を用いて可動板を駆動するために、図 16 に示したような形状に、A1 膜 362 をパターンニングしている。ただし、図 16 は、可動板 261 を上面から見た場合の A1 膜 362 の形状を示しており、見やすくするために A1 膜 362 の部分にハッチングを付している。

【0038】

A1 膜 362 のうちパターン 362 a は、2 つの脚部 231 d のうち的一方から、可動板 231 の外周の縁に沿って延びて可動板 231 の先端まで到達した後、反対側の可動板 231 の縁に沿って他方の脚部 231 d に達するパターンである。このパターン 362 a は、ローレンツ力により可動板 231 を駆動する際に、ローレンツ力を生じさせるための電流を流す配線として用いられる。パターン

362aは、脚部231dにおいて基板230に設けられた配線と接続され、脚部231dを介して基板230から電流を供給される。パターン362aのうち、可動板231の先端の一辺231eに沿った直線の部分を流れる電流が、ローレンツ力を生じさせるために用いられる。また、図示していないが、本実施の形態の光スイッチには、永久磁石または電磁石等の磁界発生手段が取り付けられている。磁界発生手段の磁界の方向は、可動板231の先端の一辺231eと直交する方向であって基板230の主平面と平行な方向であり、磁界の向きは、パターン362aに供給する電流の向きとの関係により、可動板231を基板230に近づける向き（下向き）のローレンツ力を生じるように定められる。

【0039】

また、A1膜362のうちパターン362bは、2つの脚部231aのそれぞれから、可動板231の内側の縁に沿って可動板231の先端部まで延び、先端部に配置された長形状のパターン362dに接続されている。パターン362bは、脚部231aにおいて基板230に設けられた配線と接続され、基板230内に設けられた電極との間に電圧が印加される。これにより、パターン362bおよび362dと、基板230内に設けられた電極との間には静電力が生じ、この静電力により可動板231は、基板230に引き寄せられる、

本実施の形態において、可動板231を駆動する場合には、図17のような波形のローレンツ力用電流を、脚部231dを介してA1膜362のパターン362aに供給するとともに、図17のような波形の静電力用電圧を、脚部231aを介して、A1膜362のパターン362b、362dに供給する。具体的には、可動板231を上側に位置する状態（図11（b）の状態）から下側に位置する状態（図11（a）の状態）に引き下げる場合には、まず、ローレンツ力用電流を時間T1から供給する。これにより、可動板231は、先端のパターン362aを流れる電流と磁界発生手段の磁界とにより生じるローレンツ力により、下向きの力を受け、基板230側に徐々に接近し、時間T2において、基板230に接した状態（図11（a）の状態）となる。このように、可動板231が基板230に接した状態の時間T3において、今度は静電力用電圧をA1膜362のパターン362b、362dに供給する。これにより、パターン362b、36

2 d と、基板 2 3 0 内の電極との間の静電力により、可動板 2 3 1 を基板 2 3 0 に接した状態（図 1 1 （b）の状態）に保持される。静電力が作用する状態になったならば、ローレンツ力用電流は不要であるので、時間 T 4 においてローレンツ力用電流をオフにする。また、可動板 2 3 1 を再び上側に位置する状態に変化させる場合には、時間 T 5 において静電力用電圧をオフにする。これにより、可動板 2 3 1 は、膜の内部応力より瞬時に持ち上がり図 1 1 （b）の状態に変化する。

【0 0 4 0】

このように、ローレンツ力と静電力とを組み合わせることにより、上側に位置する可動板 2 3 1 を基板 2 3 0 に接するように引きつけるまではローレンツ力を利用し、引きつけた状態を維持するためには静電力を用いることができる。これにより、静電力のみで可動板 2 3 1 を基板 2 3 0 まで引きつける場合と比較して、消費電力を小さくすることができ、小さな消費電力で駆動可能な光スイッチを提供できる。

【0 0 4 1】

つぎに、図 3 の薄膜立体構造体 5 の構造について、図 1 8 （a）、（b）、（c）を用いて説明する。薄膜立体構造体 5 は、4 段の単位構造部材 5 1 1 ～ 5 1 4 を積み重ねた構造である。1 段目の単位構造部材 5 1 1 は、可動板 2 3 1 の凸部 3 6 4 の一部 3 6 4 b と兼用されており、可動板 2 3 1 と一体に構成されている。単位構造部材 5 1 2、5 1 3 は、図 1 8 （c）のように、複数の支持部 5 1 と、平面部 5 2 とを有している。平面部 5 2 は、両端が支持部 5 1 によって支えられている。2 段目の単位構造部材 5 1 2 は、1 段目の単位構造部材 5 1 1 上に配置された 3 つの支持部 5 1 と、3 つの支持部 5 1 の間に支持された 2 つの平面部 5 2 とを有する。3 段目の単位構造部材 5 1 3 は、2 段目の構造部材の 2 つの平面部 5 2 の上にそれぞれ配置された 2 つの支持部 5 1 と、その間に支持された 1 つの平面部 5 2 とを有する。最上段の 4 段目の単位構造部材 5 1 4 は、3 段目の単位構造部材 5 1 3 の 1 つの平面部 5 2 上に配置された 1 つの支持部 5 1 を有し、平面部 5 2 は有していない。最上段の単位構造部材 5 1 4 は、最下段の単位構造部材 5 1 1 の幅よりも突出する突起部 7 1 が備えられている。この突起部 7

1 が、図 3 のように反射部支持部 105 と接して x 方向に押し、反射部支持部 105 を支持している。

【0042】

単位構造部材 512、513 は、それぞれ連続した一つの膜によって、支持部 51 と平面部 52 とが一体に形成されている。また、単位構造部材 514 は、連続した一つの膜によって支持部と突起部 71 とが一体に形成されている。支持部 51 は、4 つの側面と底面とを有し、これらが連続した膜により形成されている。本実施の形態では、2 段目から 4 段目の単位構造部材 512 ～ 514 を構成する膜の厚さは、 $1\mu\text{m}$ 以下、例えば $0.2\mu\text{m}$ 程度である。また、単位構造部材 511 ～ 514 の高さは、それぞれ $4\mu\text{m}$ である。よって、薄膜立体構造体 5 の全体の高さは、 $16\mu\text{m}$ である。

【0043】

2 段目から 4 段目の単位構造部材 512 ～ 514 が互いに接する部分、すなわち支持部 51 の底面と、それを搭載する平面部 52 との間には、特別な接着層は配置されていないが、成膜時に膜同士が固着する力により、固定されている。また、2 段目の単位構造部材 512 の支持部 51 の底面は、成膜時に、1 段目の単位構造部材 511 を構成する薄膜の可動板 231 に固着し、これにより単位構造部材 511 に固定されている。

【0044】

2 段目および 3 段目の単位構造部材 512 ～ 513 において、複数の支持部 51 の間隔は、平面部 52 がそれ自身の膜応力やその上段の支持部 51 から受ける重さによって撓みを生じない程度の間隔あつて、かつ、支持部 51 を配置可能な面積の平面部 52 が確保できる間隔となるように定められている。

【0045】

また、2 段目から 4 段目の単位構造部材 512 ～ 514 は、膜の周縁部を 2 回屈曲させることによって形成した段差（折り返し）53 を有している。これにより、 $0.2\mu\text{m}$ 程度という薄い膜で構成されているにも関わらず変形しにくく、薄膜立体構造体 5 の剛性を高めている。また、単位構造部材 512 ～ 514 を構成する膜に内部応力が存在している場合であっても、変形が生じるのを段差 53

によって防止することができ、構造を保持できる。

【0046】

このように薄膜立体構造体5は、薄膜で形成されているため、重量が軽く、薄膜（SiN膜）で形成された支持部51であっても平面部52を十分に支持することが可能である。よって、 $16\mu\text{m}$ という高さの高い立体構造を、薄膜のみで十分に維持することができる。しかも、上段へ行くほど、支持部の数が減る（2段目：支持部51が3つ→3段目：支持部51が2つ→4段目（最上段）：支持部51が1つ）というピラミッド構造をとっているため、上段に行くほど軽くなり、支持部51の負担を軽減している。

【0047】

このように、本実施の形態の薄膜立体構造体5は、高さがあり、剛性があり、しかも、自重が軽い立体構造体を提供できる。したがって、この薄膜立体構造体5をミラー118の反射部支持部105のストッパとして用いることにより、可動板231に負担を与えることなく、温度変化に対してミラー118の位置を維持することができる。

【0048】

単位構造部材511～514は、可動板231およびミラー118の構成部材とは、全く別の工程で形成することももちろん可能である。しかしながら、単位構造部材511を可動板231の一部とするのと同時に、可動板231やミラー118を構成する部材の成膜時に単位構造部材512～514を同時に形成することにより、製造工程を大幅に簡略化することができる。本実施の形態では、2段目の単位構造部材512は、支持部103および支持部102を構成する膜を成膜する際に同時に形成した3層膜によって構成する。3段目の単位構造部材513は、反射部101を構成する膜を成膜する際に同時に形成された薄膜によって構成する。単位構造部材514は、ミラー118とは別に、窒化シリコン膜により形成する。

【0049】

つぎに、ストッパ106を備えた可動板231、ミラー118、薄膜立体構造体5の製造工程を図9（a）～（c）、図10（d）～（f）を用いて説明する

。ストッパ106、支持部102、103、接続部104、反射部支持部105、反射部101、および、薄膜立体構造体5は、図1のような配置および形状にパターニングされる。なお、図9(a)～(c)、図10(d)～(f)は、図1のA-A断面において製造工程を示している。

【0050】

まず、図9(a)のように、可動板231を駆動するために必要な配線（不図示）が形成された基板230上に、犠牲層となるレジスト層2001を形成し、脚部231a、231dとなる部分に開口（不図示）を設ける。また、レジスト層2001の上に、可動板231の凸部364を設ける部分にレジストアイランド2002を形成する。この上に、窒化シリコン膜361を成膜し、脚部231a、231dの開口の底部の窒化シリコン膜に孔を形成する。この上にAl膜362を成膜し、図16のパターン362a～362dの形状にパターニングする。さらに、窒化シリコン膜363を成膜した後、窒化シリコン膜361、Al膜362、窒化シリコン膜363の3層膜を、可動板231の外形にパターニングする。このパターニングの際に、図9(a)のように、ストッパ106のコの字型の切り込み106aを同時に形成する。これにより、ストッパ106を有する可動板231が形成できる。なお、Al膜362および窒化シリコン膜361、363のパターニングは、フォトリソグラフィおよびエッチングの手法により行う。

【0051】

つぎに、全体にレジスト層81を形成し、支持部102の脚部102cを形成すべき位置、および、薄膜立体構造体5の単位構造部材512の支持部51を形成すべき位置に、開口81aおよび開口81bをそれぞれフォトリソグラフィにより形成する。つぎに、接続部104ならびに反射部支持部105を形成すべき位置、および、薄膜立体構造体5の単位構造部材512を形成すべき位置に、それぞれ、レジストアイランド201およびレジストアイランド2201を形成する（図9(b)）。このようにレジストアイランド201および2201を形成することにより、接続部104、反射部支持部105、および、単位構造部材512の縁に段差を形成することができ、これらの剛性を高めることができる。

【0052】

つぎに、支持部103を構成するAl膜103aを成膜し、フォトリソグラフィとエッチングの手法により、図1の支持部103の形状、および、単位構造部材512の形状にパターンニングする（図9（c））。

【0053】

つぎに、窒化シリコン膜とAl膜102bとを順に成膜する（図10（d））。成膜したAl膜102bを図1の支持部102の形状、および、単位構造部材512の形状にパターンニングする。さらに、その下の窒化シリコン膜を、支持部102、接続部104、支持部103、反射部支持部105、および、単位構造部材512の形状にパターンニングする（図10（e））。これにより、支持部103の窒化シリコン膜103bと、接続部104と、反射部支持部105とが一度に形成される。また、図9（c）と図10（d）の工程により、Al膜、窒化シリコン膜、Al膜を順に積層した3層構造の単位構造部材512を形成することができる。

【0054】

図10（e）の構造体の全面にレジスト層141を形成し、反射部支持部105の接続部105bとなる位置、および、薄膜立体構造体5の単位構造部材513の支持部となる位置に、それぞれ開口を形成する。この上にさらに、レジスト層82を形成し、反射部101の縁101aの内側形状部分、および、単位構造部材513の形状部分を残して除去し、レジストアイランドを形成する。さらに、レジスト層82の反射部支持部105の接続部105bとなる位置、および、単位構造部材513の支持部51となる位置に開口を形成した後、全面にAl膜101を成膜して、反射部101の形状、および、単位構造部材513の形状にパターンニングする（図10（f））。これにより、反射部101、および、3段目の単位構造部材513を形成することができる。これが、図1の状態である。

【0055】

さらに、全面にレジスト層（不図示）を形成した後、4段目の単位構造部材514の支持部51を形成すべき位置に開口を形成し、この上に、単位構造部材514の形状にレジストアイランドを形成する。全面に窒化シリコン膜を形成、単

位構造部材 514 の形状にパターンニングする。これにより、4 段目の単位構造部材 514 が形成できる。

【0056】

最後に、アッシングにより、すべての犠牲層のレジスト層 81, 141, 82 等を除去する。これにより、支持部 102 および支持部 103 が湾曲して立ち上がり、図 3 のように反射部 101 がほぼ垂直に立ち上がるとともに、反射部支持部 105 が薄膜立体構造体 5 に接触し、反射部 101 が基板 230 に対してほぼ垂直に位置決めされる。また、ストッパ 106 も図 2 のように湾曲し、反射部支持部 105 を介して薄膜立体構造体 5 と対向する位置から反射部支持部 105 の移動を抑制する。

【0057】

また、可動板 231 も脚部 231a、231d を支持部として、基板 230 から立ち上がる（図 11 (b)）。これにより、ローレンツ力用電流および静電力用電圧を A1 膜 362 のパターン 362a、362b、362d に与えることにより、ローレンツ力および静電力によりミラー 118 を上下動することが可能になる。

【0058】

このように、第 1 の実施の形態の形態では、ミラー 118 として、薄膜で構成された反射部 101 を、薄膜で構成された支持部 102, 103 によりほぼ垂直に支持する構成である。よって、反射部 101 の反射面を滑らかな面に形成できるため、容易に高い反射率にすることができる。なお、ミラー 118 の反射部 101 は、製造時に可動板 231 側を向いていた側の面の方が、鏡面度が高く、反射率が高くなる傾向がある。よって、反射部 101 の反射面としては、製造時に可動板 21 側を向いていた面を用いることが好ましいため、図 3 に示した方向から光が入射するように、ミラー 118 を可動板 231 に搭載することが望ましい。

【0059】

また、製造時に可動板 231 にコの字型の切り込み 106a を形成しておくことにより、可動板 231 を構成する 3 層膜の内部応力を利用して、湾曲したスト

ッパ106を形成することができる。よって、外部から振動が加わった場合であっても、ミラー118の反射部101の向きを一定に維持することができる。

【0060】

なお、本実施の形態では、光スイッチについて説明したが、これに限られるものではない。また、反射部101に代えて光の反射率の低い遮光膜や、偏光特性を有する偏光膜や、光波長フィルタ特性を有する光学薄膜を搭載することも可能である。これにより、光量減衰器や、偏光器、波長選択器等の光学素子を構成することができる。

【0061】

なお、本実施の形態において、可動板231の切り込み106aの外側に凸部もしくは段差を設けることも可能である。このように凸部または段差を設けることにより、ストッパ106の周囲の可動板231に剛性を持たせることができるため、可動板231のストッパ106の周辺部分における平面性を高めることができる。

(第2の実施の形態)

本発明の第2の実施の形態の光学装置について図4を用いて説明する。

【0062】

第2の実施の形態の光学装置は、可動板231に設けたストッパ106の形状が第1の実施の形態の光学装置とは異なっている。これ以外の構成は、第1の実施の形態と同じであるので説明を省略する。

【0063】

第2の実施の形態のストッパ106は、図4に示したように、可動板にコの字型の切り込み106aを設け、切り込み106aの内側の長方形領域を湾曲させたものであるという点では第1の実施の形態と同じであるが、ストッパ106の長手方向が、第1の実施の形態とは90度異なっている。図4のストッパ106は、長手方向が、反射部支持部105と平行であり、側面106cが、反射部支持部105の面と接触することにより、反射部支持部105の位置変動を抑制する。ストッパ106の側面106cは、薄膜立体構造体5との間に反射部支持部105を挟むように、接触していることが好ましいが、第1の実施の形態で説明

したように、反射部支持部 105 との間に間隙があってもかまわない。間隙がある場合でも、外部振動が加わって反射部支持部 105 が移動した場合には、ストップ 106 の側面 106c が、反射部支持部 105 と接することにより移動を抑制できる。

(第 3 の実施の形態)

本発明の第 3 の実施の形態の光学装置を図 5 (a), (b) を用いて説明する。

【0064】

第 3 の実施の形態の光学装置は、図 5 (a) のように可動板 231 に設けたコの字型の切り込み 106a を設けるという点では、第 1 の実施の形態と同様であるが、切り込み 106a の内側のストップ 106 を湾曲させずに平面としている点で第 1 の実施の形態とは異なっている。また、反射部支持部 105 の下側の縁に突起部 107 を設け、この突起部 107 を、切り込み 106a に図 5 (b) のように挿入し、嵌合させている。この嵌合により、外部振動による反射部支持部 105 の移動を抑制する構成である。ストップ 106 を平面としているのは、突起 107 とストップ 106 とのクリアランスを小さくすることができるためである。

【0065】

ストップ 106、突起部 107 以外の構成は、第 1 の実施の形態の光学装置と同様であるが、ストップ 106 を平面にするために、可動板 231 を構成する 3 層膜を少なくともストップ 106 の部分は、A1 膜を省いて、単層膜とする。

【0066】

ただし、本実施の形態の構成において、ストップ 106 は平面に限定されるものではなく、第 1 の実施の形態のように湾曲させる構成にすることもできる。ストップ 106 を湾曲させた場合、平面である場合と比較して、突起部 107 とのクリアランスは大きくなるため、外部振動が加わった際の反射部支持部 105 の位置変動が若干大きくなるが、位置変動の抑制効果は得られる。

【0067】

なお、図 5 (a) の構造を製造する際には、第 1 の実施の形態で説明した製造

工程において、可動板 231 をパターンニングする際に、切り込み 106a を形成する。また、反射部支持部 105 の外形をパターンニングする際に突起部 107 も合わせてパターンニングする。これにより、最後の工程で犠牲層を除去することにより、支持部 102, 103 が湾曲し、反射部支持部 105 が立ち上がる動きによって突起部 107 が切り込み 106a に挿入され、嵌合する。

(第 4 の実施の形態)

本発明の第 4 の実施の形態の光学装置を図 6 (a), (b) および図 19 を用いて説明する。

【0068】

第 4 の実施の形態の光学装置は、薄膜立体構造体 5 の最上段の単位構造部材 514 の先端に鉤状部 110 を設け、この鉤状部 110 を反射部支持部 105 に設けた開口に挿入し、嵌合させた構成である。他の部分の構成は、第 1 の実施の形態と同じである。

【0069】

薄膜立体構造体 5 の最上段の単位構造部材 514 の先端には、図 19 に示したように、三角形の頂点を落とした形状の鉤状部 110 が設けられている。鉤状部 110 と単位構造部材 514 の本体とは首部 110a で接続されている。鉤状部 110 および首部 110a は、最上段の単位構造部材 514 を形成する工程において、犠牲層のアイランドを形成する際および単位構造部材 514 を形成する薄膜をパターンニングする際に、図 19 の鉤状部 110 および首部 110a を含んだ形状に形成およびパターンニングすることにより、単位構造部材 514 の本体と一体に形成される。鉤状部 110 および首部 110a の高さ (厚み) は、単位構造部材 514 の本体と同じである。

【0070】

反射部支持部 105 に設けられる開口 109 は、幅 $W1$ が、単位構造部材 514 の鉤状部 110 の幅 $t1$ よりも大きく形成されている。開口 109 の高さは、鉤状部 110 の高さよりも高く形成されている。また、開口 109 の上端から垂れ下がるように長方形のバネ部 111 を 2 本備えている。2 本のバネ部 111 の間隔 $W2$ は、単位構造部材 514 の鉤状部 110 の幅 $t1$ よりも狭く、首部 11

0aの幅t2よりも広い。開口109およびバネ部111は、図10(e)の工程で、反射部支持部105を構成する膜を反射部支持部105の形状にパターンニングする際に、同時にパターンニングすることにより形成することができる。

【0071】

このように、薄膜立体構造体5の先端に鉤状部110を設け、反射部支持部105に開口109を形成しておくことにより、製造工程の最後の工程で犠牲層を除去すると、支持部102、103の湾曲により反射部支持部105が立ち上がる動きによって、薄膜立体構造体5の鉤状部110が反射部支持部105の開口109に挿入される。鉤状部110が開口109に挿入される際には、開口109のバネ部111が鉤状部110によって上方向に押し上げられ、鉤状部110がバネ部111を通過したならばバネ部111は、首部110aの両脇に係合する。よって、通常の状態では、バネ部111が単位構造部材514の肩部514aと接触することにより、反射部支持部105の温度変化による位置変動を抑制する。また、外部から振動が加わり、反射部支持部105が支持部102の脚部102c側に移動した場合には、バネ部111が鉤状部110の返し部110bに接触することにより、反射部支持部105の位置変動を抑制する。

【0072】

なお、開口109内のバネ部111の向きは、図6の形態では、開口109の上部から垂れ下がるような向きで配置しているが、図20のように開口109の両脇から中央に向かって張り出すような向きに配置することも可能である。図20の構造は、図19の構造と比較して、反射部支持部105の強度を低下させにくいという利点がある。

【0073】

また、本実施の形態の構成では、反射部支持部105に開口109を設け、反射部支持部105の一部をバネ部111として用いる。そこで、反射部支持部105に剛性を持たせるとともに、バネ部111の強度を高めるために、反射部支持部105を単層膜ではなく、強度の大きい多層膜で構成することも可能である。

(第5の実施の形態)

本発明の第 5 の実施の形態の光学装置を図 7 および図 21 を用いて説明する。

【0074】

第 4 の実施の形態の光学装置は、図 21 に示したように、薄膜立体構造体 5 の単位構造部材 514 の上に、さらに単位構造部材 515、516 を追加している。最上段の単位構造部材 516 は、反射部支持部 105 側に大きく張り出すように形成されている。張り出し部 516c の下端 516b は、図 7 のように反射部支持部 105 の上端 105a よりも高い位置にある。これにより、単位構造部材 516 の張り出し部 516c は、反射部支持部 105 の上から覆い被さるように配置されている。また、張り出し部 516c の先端には、下向きに突起部 516a が備えられている。突起部 516a は、支持部 51 と同じ構造であり、単位構造部材 516 の支持部 51 を形成する際に、同じ工程で形成されたものである。突起部 516 の先端は、反射部支持部 105 の上端 105a よりも下側にくるよう形成されている。他の部分の構成は、第 1 の実施の形態と同じである。

【0075】

このように、薄膜立体構造体 5 の上部に単位構造部材 515、516 を配置することにより、製造工程の最後の工程で犠牲層を除去すると、支持部 102、103 の湾曲により反射部支持部 105 が立ち上がる動きによって、反射部支持部 105 の上端は、図 21 の単位構造部材 514 の突起部 71 と、単位構造部材 516 の突起部 516a との間に挿入される。そして、反射部支持部 105 の単位構造部材 514 側の面は、単位構造部材 514 の突起部 71 の先端に接することにより位置決めされ、支持される。

【0076】

よって、通常の状態では、単位構造部材 514 の突起部 71 の先端が、反射部支持部 105 と接し、温度変化による位置変動を抑制する。また、外部から振動が加わり、反射部支持部 105 が支持部 102 の脚部 102c 側に移動した場合には、反射部支持部 105 に覆い被さっている単位構造部材 516 の下向きの突起部 516a が反射部支持部 105 の支持部 102c 側の面に接触することにより、反射部支持部 105 の位置変動を抑制する。

【0077】

また、大きな外部振動が加わり、反射部支持部 105 が上向きに移動した場合には、反射部支持部 105 が単位構造部材 516 の下端 516 b に接触することにより、反射部支持部 105 の上向きの移動が抑制される。

(第 6 の実施の形態)

本発明の第 6 の実施の形態の光学装置について図 8 を用いて説明する。

【0078】

第 6 の実施の形態では、反射部支持部 105 の下端に突起部 107 を設け、これを可動板 231 に挿入しているという点では、第 2 の実施の形態と似ているが、本実施の形態では、突起部 107 の先端を T 字型の鉤部 107 a にしている。また、可動板 231 には、開口 113 を設け、開口 113 の脚部 102 c 側の開口 113 a は、幅が鉤部 107 a の幅よりも広く、反射部支持部 105 側の開口 113 b は、幅が鉤部 107 a の幅よりも狭く構成されている。

【0079】

これにより、製造工程の最後の工程で犠牲層を除去することにより、支持部 102、103 の湾曲により反射部支持部 105 が立ち上がる際、その動きによって突起部 107 の鉤部 107 a が、まず幅の広い開口 113 a に挿入され、反射部支持部 105 が立ち上がるに連れて、幅の狭い開口 113 b 側に移動する。これにより、開口 107 b と突起部 107 a が係合する。

【0080】

第 6 の実施の形態の構造は、上述してきた実施の形態とは異なり、外部振動が加わった際に反射部支持部 105 が、支持部 102 の脚部 102 c 側に移動する動きを抑制することはできないが、反射部支持部 105 の上方への移動を抑制することができる。

【0081】

第 1 ～ 第 6 の実施の形態において説明してきたように、本発明によれば、外部振動が加わった際の反射部支持部 105 の位置変動を抑制することができるため、安定したミラー 118 を備えた光学装置を提供することができる。

【0082】

なお、反射部支持部 105 の位置変動を抑制するための構造は、上述したスト

ツパ 106 や突起部 107 や薄膜立体構造体 5 等に限定されるものではなく、同様の作用をする他の構成を用いることができる。

【0083】

また、上述した実施の形態では、一つのミラー 118 に対して、反射部支持部 105 の位置変動を抑制するためのストップ 106 や突起部 107 や薄膜立体構造体 5 等の構造を、2 つ備える構成について説明したが、1 つや 3 以上にすることも可能である。

【0084】

また、光学装置の構成は、上述した構成に限定されるものではなく、ミラー 118 が搭載される他の構造の光学装置に、位置変動を抑制するためストップとして、本実施の形態のストップ 106 等の構成を用いることも可能である。たとえば、両持ち支持された可動板 231 にミラー 118 を搭載した光学装置に、位置変動を抑制する本実施の形態の構成を用いることが可能である。

【0085】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、所望の向きに光学膜が支持され、安定した光学装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 図 1 は、本発明の第 1 の実施の形態の光学装置のミラー 118 およびストップ 106 を製造する際の、犠牲層 141 除去前の各部のパターン形状を示す上面図である。

【図 2】 図 2 は、本発明の第 1 の実施の形態の光学装置のミラー 118 の斜視図である。

【図 3】 図 2 は、本発明の第 1 の実施の形態の光学装置のミラー 118 の斜視図である。

【図 4】 図 4 は、本発明の第 2 の実施の形態の光学装置のミラー 118 の斜視図である。

【図 5】 図 5 (a) は、本発明の第 3 の実施の形態の光学装置のミラー 118 の斜視図であり、図 5 (b) は、図 5 (a) の B-B 断面図である。

【図 6】図 6 (a) は、本発明の第 4 の実施の形態の光学装置のミラー 118 の斜視図であり、図 6 (b) は、図 6 (a) の開口 109 の正面図である。

【図 7】図 7 は、本発明の第 5 の実施の形態の光学装置のミラー 118 の斜視図である。

【図 8】図 8 は、本発明の第 6 の実施の形態の光学装置のミラー 118 の斜視図である。

【図 9】図 9 (a) ~ (c) は、本発明の第 1 の実施の形態の光学装置の製造工程を、図 1 の A-A 断面において示す断面図である。

【図 10】図 10 (d) ~ (f) は、本発明の第 1 の実施の形態の光学装置の製造工程を、図 1 の A-A 断面において示す断面図である。

【図 11】図 11 (a) は、本発明の第 1 の実施の形態の光学装置のミラー 118 を搭載した可動板 231 を下に引き下げた状態を示す断面図であり、図 11 (b) は、可動板 231 がミラー 118 を持ち上げた状態を示す断面図である。

【図 12】図 12 は、本発明の第 1 の実施の形態の光学装置の光導波路基板 240 の斜視図である。

【図 13】図 13 は、本発明の第 1 の実施の形態の光学装置のミラー構造体基板 230 の斜視図である。

【図 14】図 14 (a) は、本発明の第 1 の実施の形態の光学装置のミラー 118 の断面図であり、図 14 (b) は、図 14 (a) の C 矢視図である。

【図 15】図 15 (a) は、本発明の第 1 の実施の形態の光学装置における、可動板 231 の上面図であり、図 15 (b) は、図 15 (a) の D-D 断面図である。

【図 16】図 16 は、本発明の第 1 の実施の形態の光学装置における、可動板 231 を上面から見たときの A1 膜 364 のパターン形状を示す説明図である。

【図 17】図 17 は、本発明の第 1 の実施の形態の光学装置における、可動板 231 を駆動するためローレンツ用電流の波形と、静電力用電圧の波形と、可動板 231 との位置との関係を示す説明図である。

【図 18】図 18 (a) は、本発明の第 1 の実施の形態の光学装置において、可動板 231 に搭載されている薄膜立体構造体 5 の上面図であり、図 18 (b) は

、図 18 (a) の E-E 断面図であり、図 18 (c) は、図 18 (a) の F-F 断面図である。

【図 19】図 19 は、本発明の第 4 の実施の形態の光学装置において、可動板 231 に搭載されている薄膜立体構造体 5 の上面図である。

【図 20】図 20 は、本発明の第 4 の実施の形態の光学装置において、ミラー 118 の反射部支持部 105 に設ける開口 109 の別の形状の例を示す正面図である。

【図 21】図 21 は、本発明の第 5 の実施の形態の光学装置において、可動板 231 に搭載されている薄膜立体構造体 5 の側面図である。

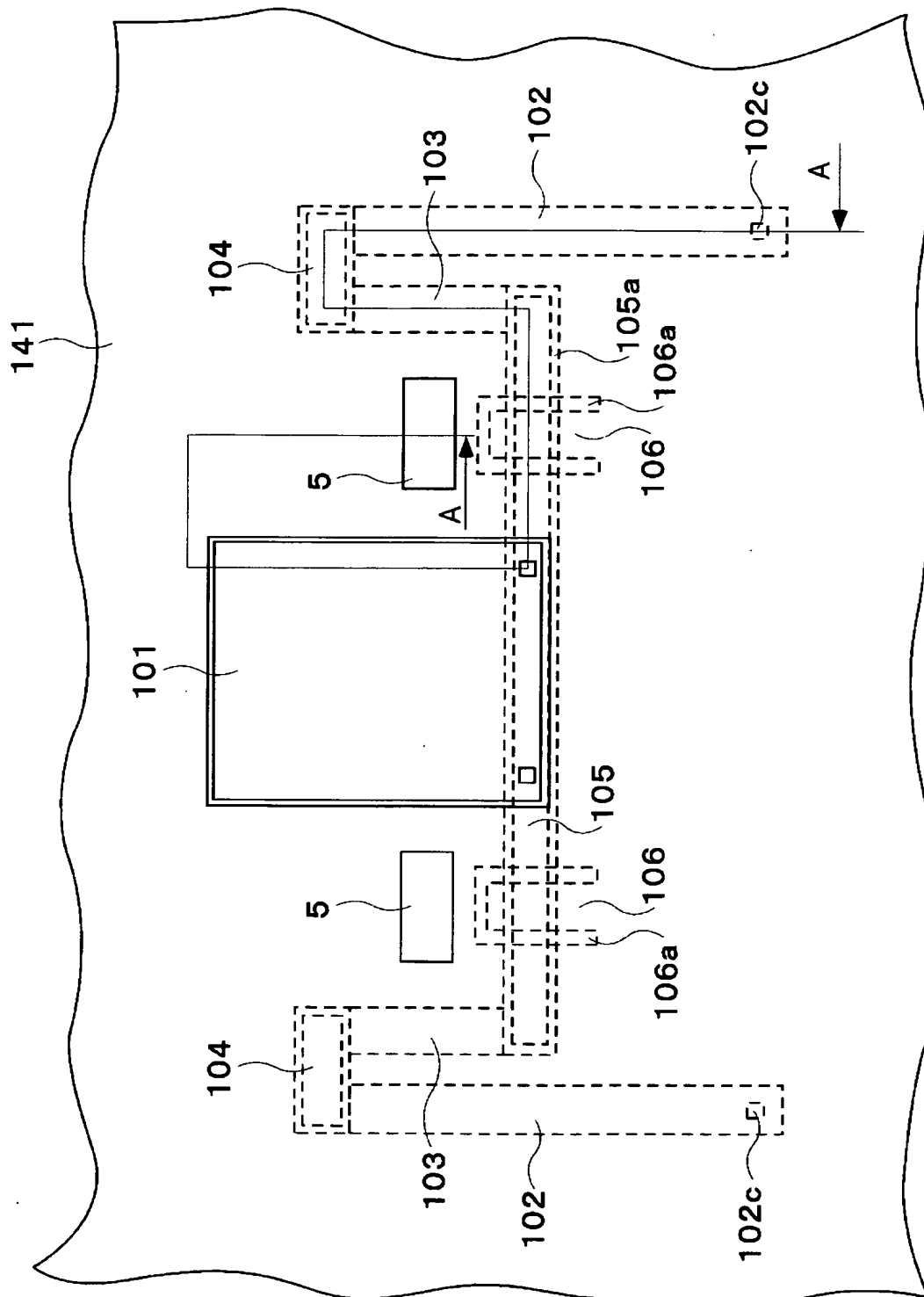
【符号の説明】

5…薄膜立体構造体、53…段差（折り返し）、71…突起部、81…レジスト層、82…レジスト層、101…反射部、102…支持部、104…接続部、105…反射部支持部、106…ストッパ、106a…切り込み、107…突起部、109…開口、110…鉤状部、111…バネ部、113…開口、230…基板、231…可動板、240…光導波路基板、243, 244…光導波路、246…溝、511, 512, 513, 514, 515, 516…単位構造部材。

【書類名】 図面

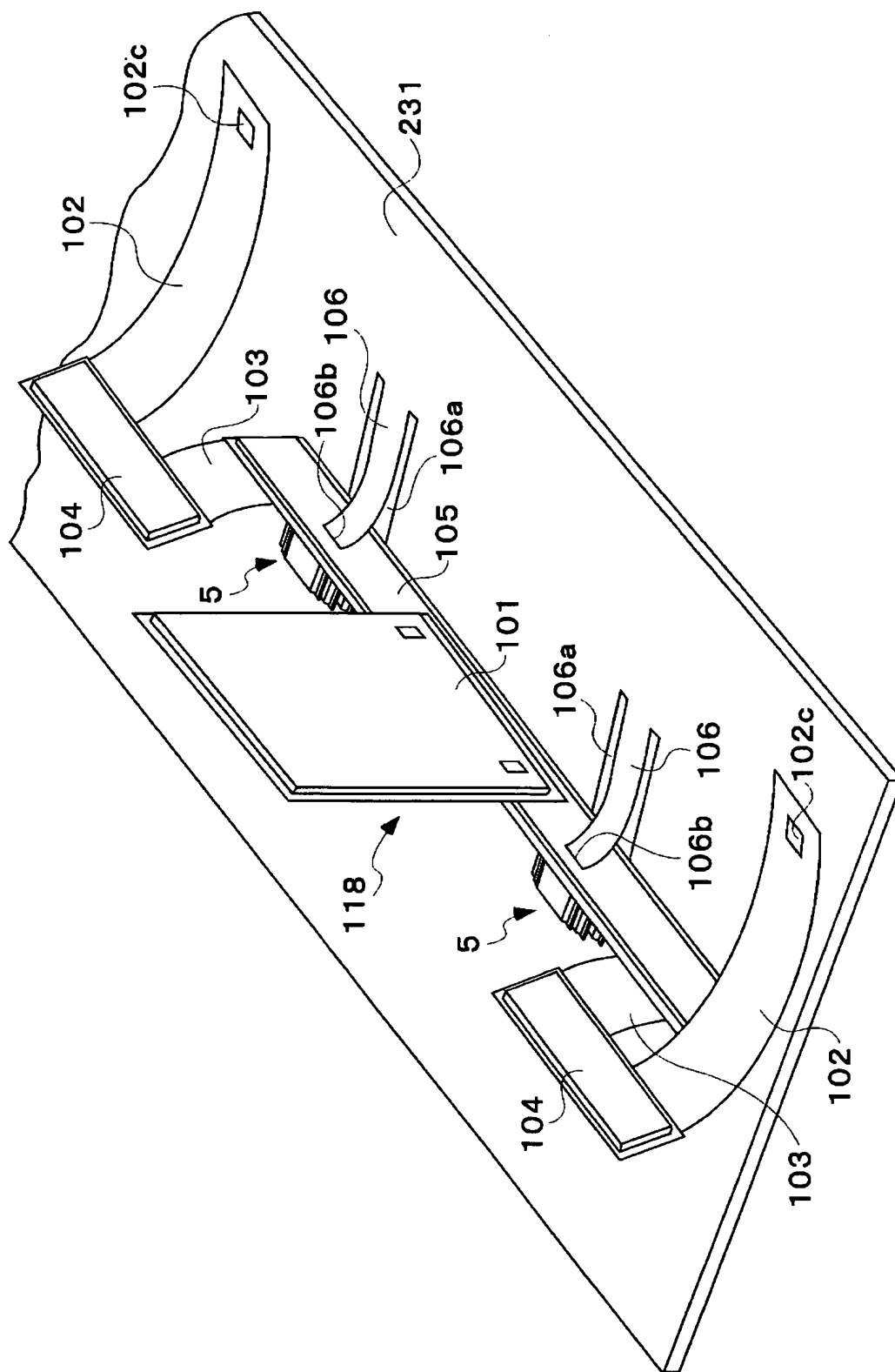
【図 1】

図 1



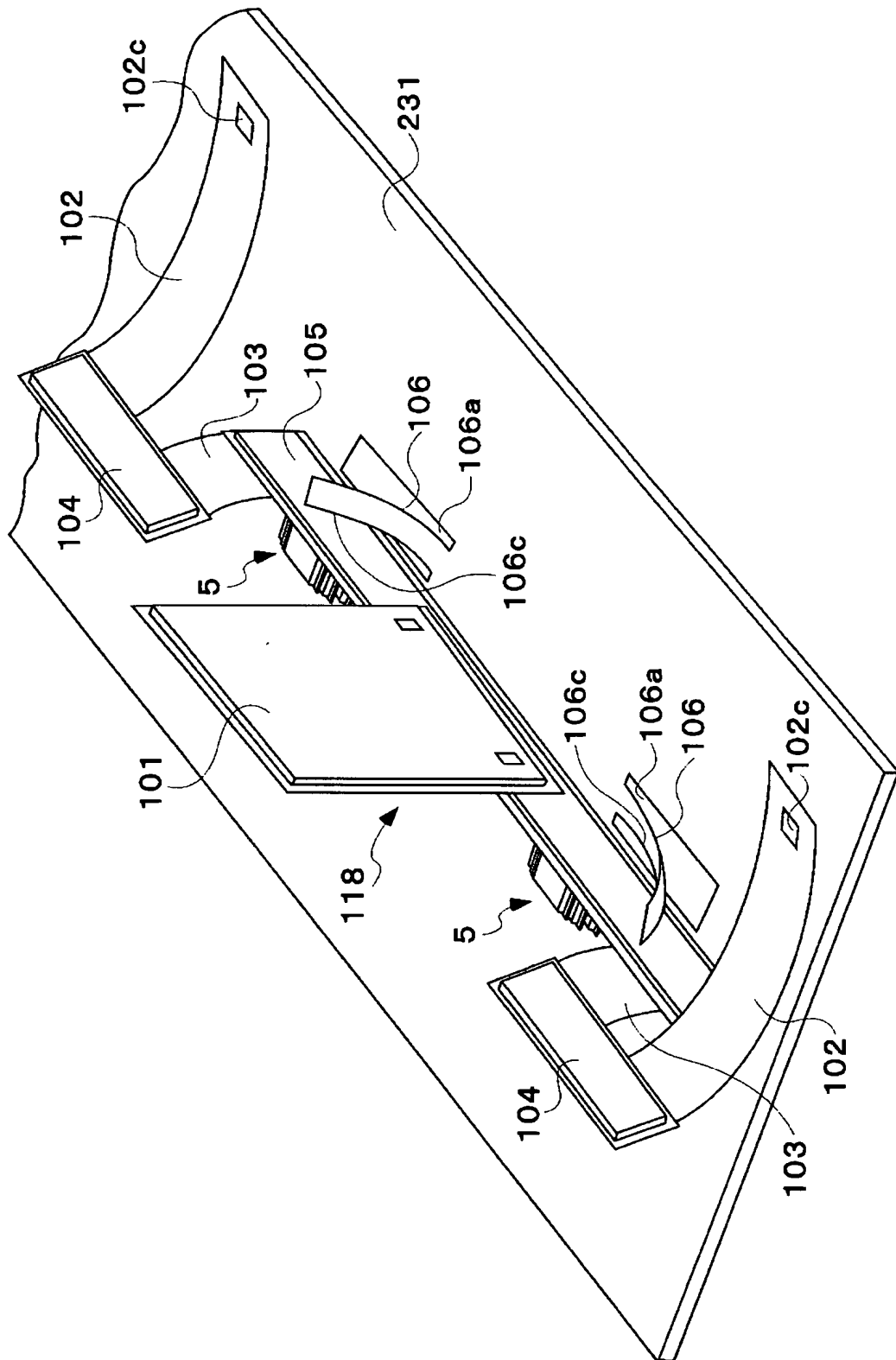
【図 2】

図 2



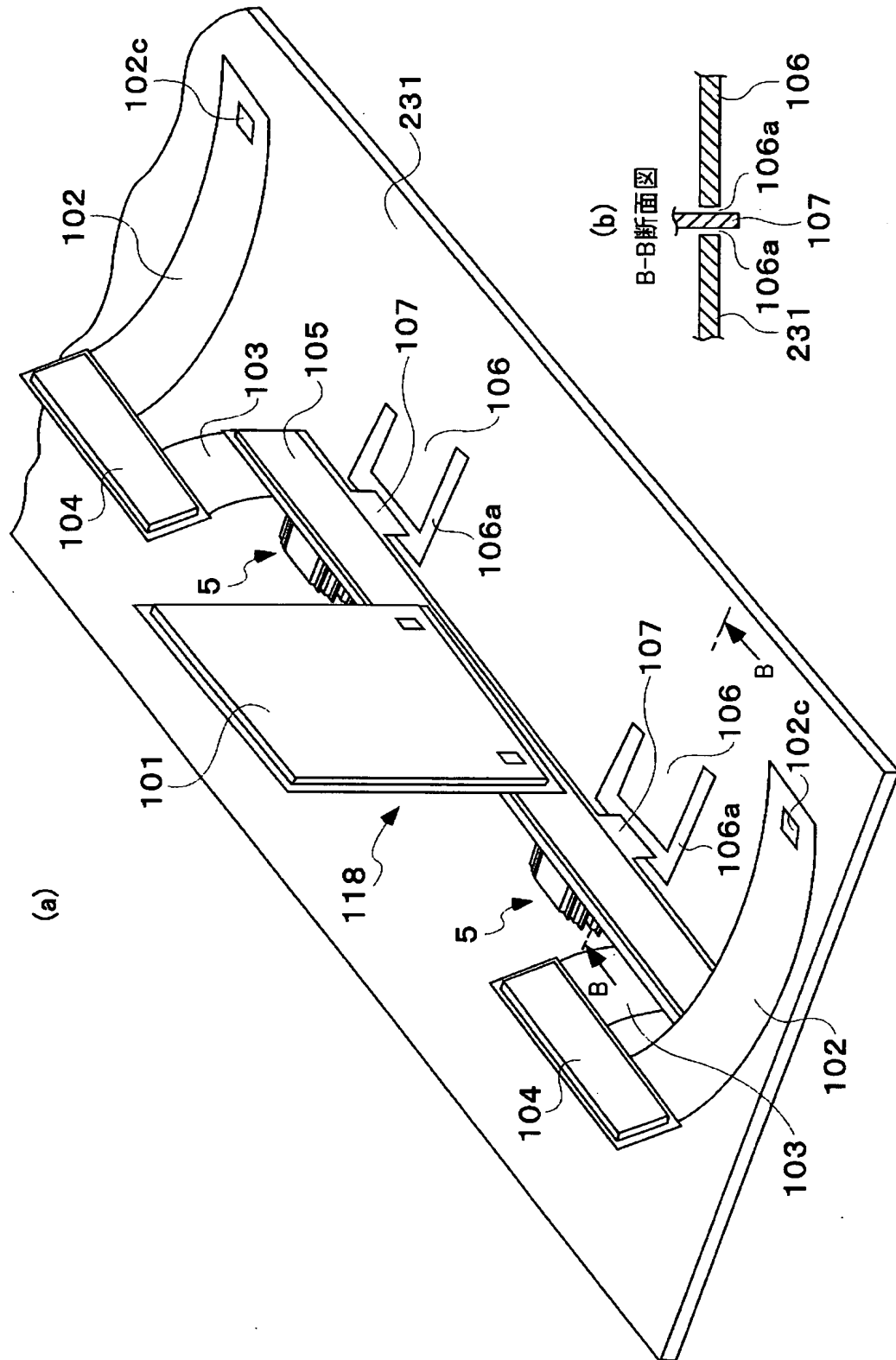
【図 4】

図 4



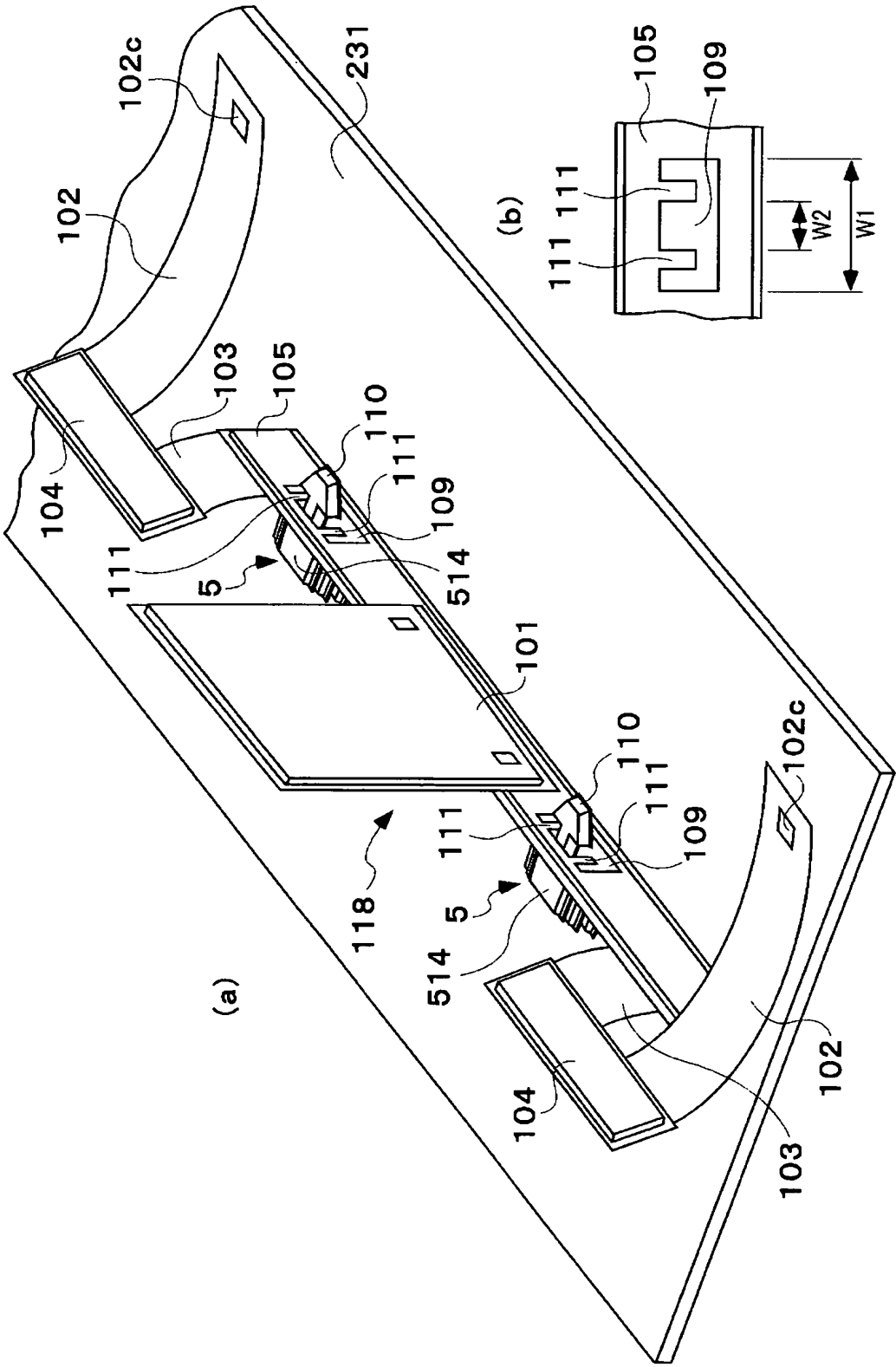
【図5】

図5



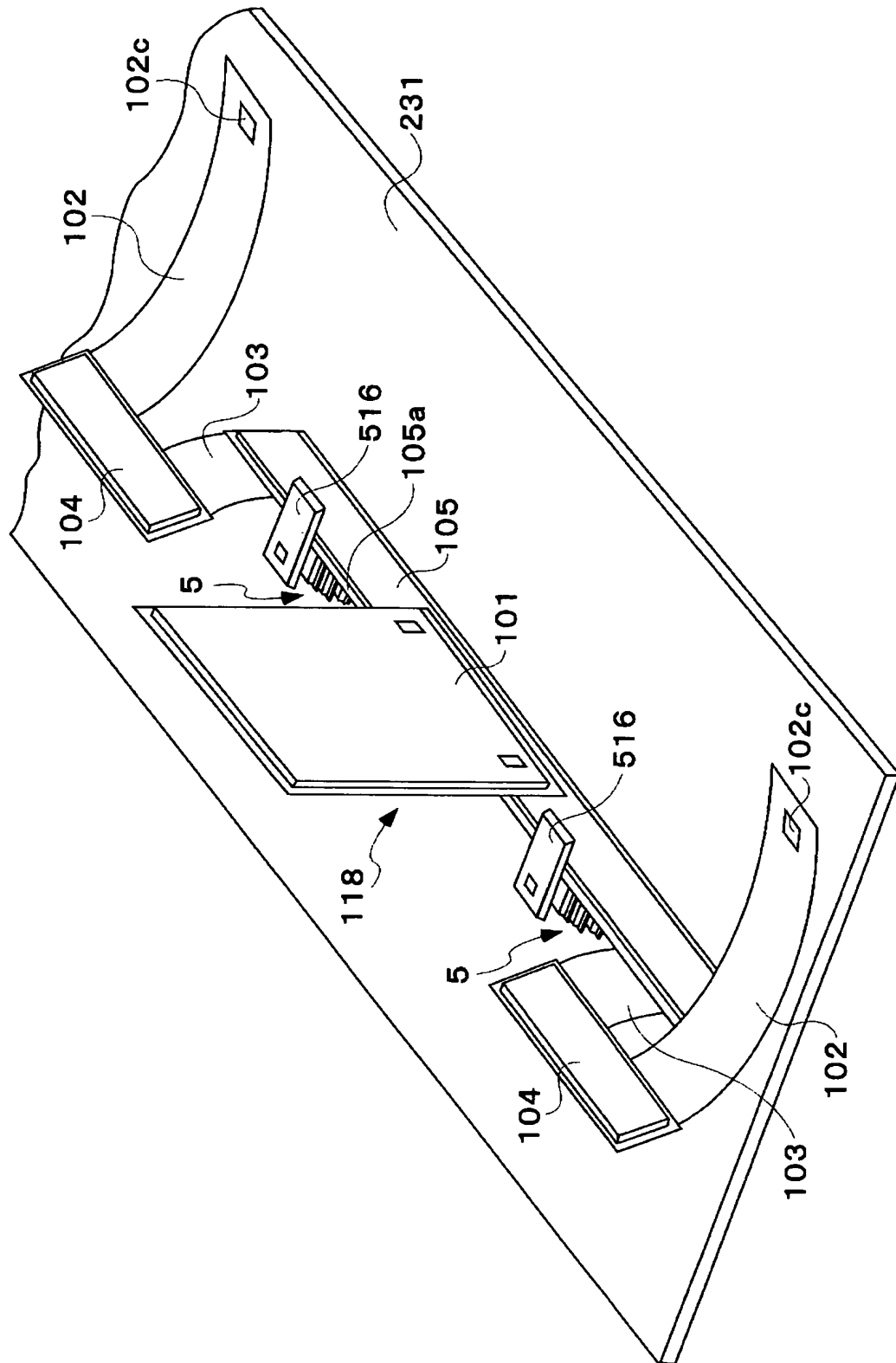
【図 6】

図 6

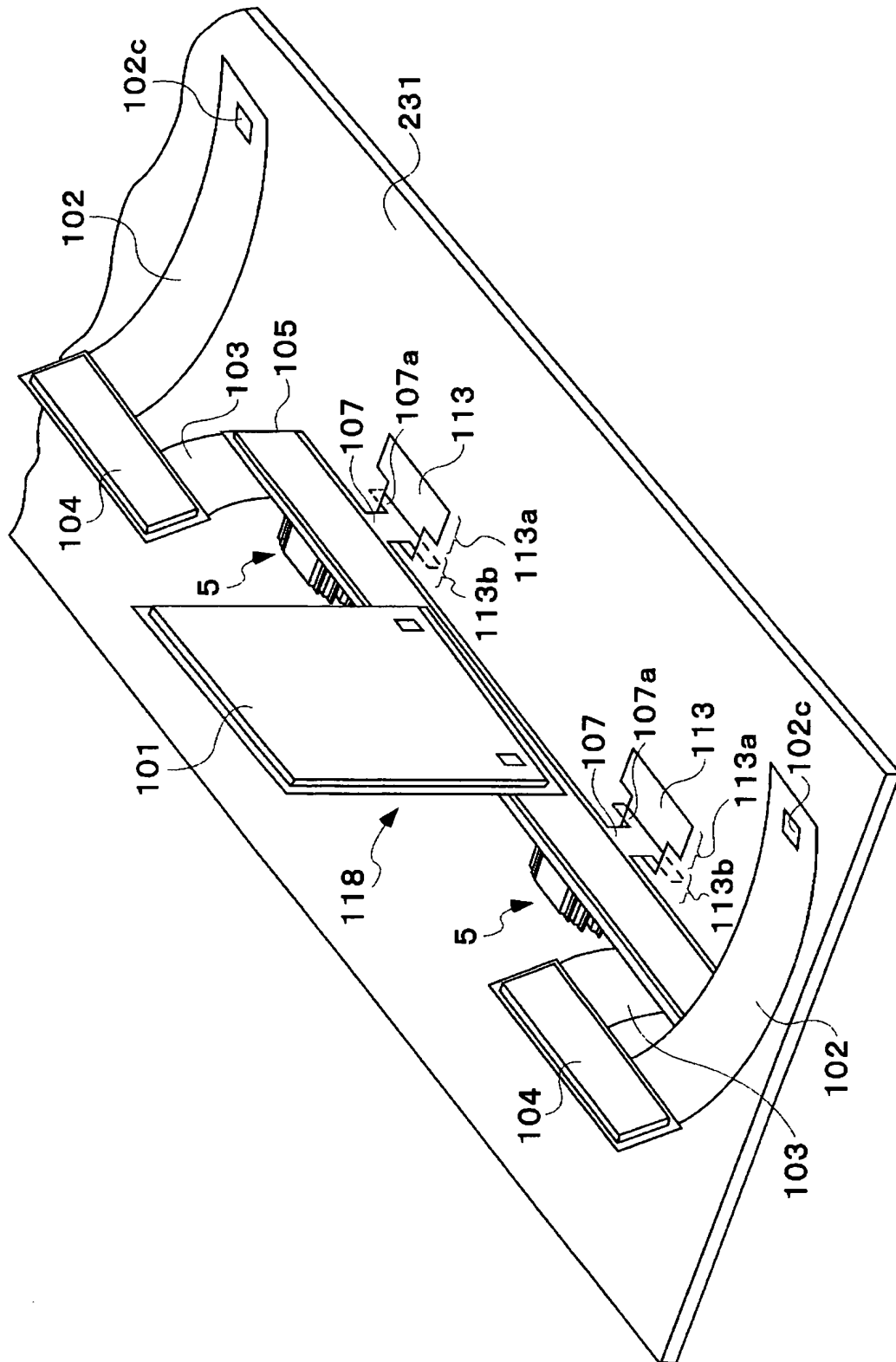


【図 7】

図 7

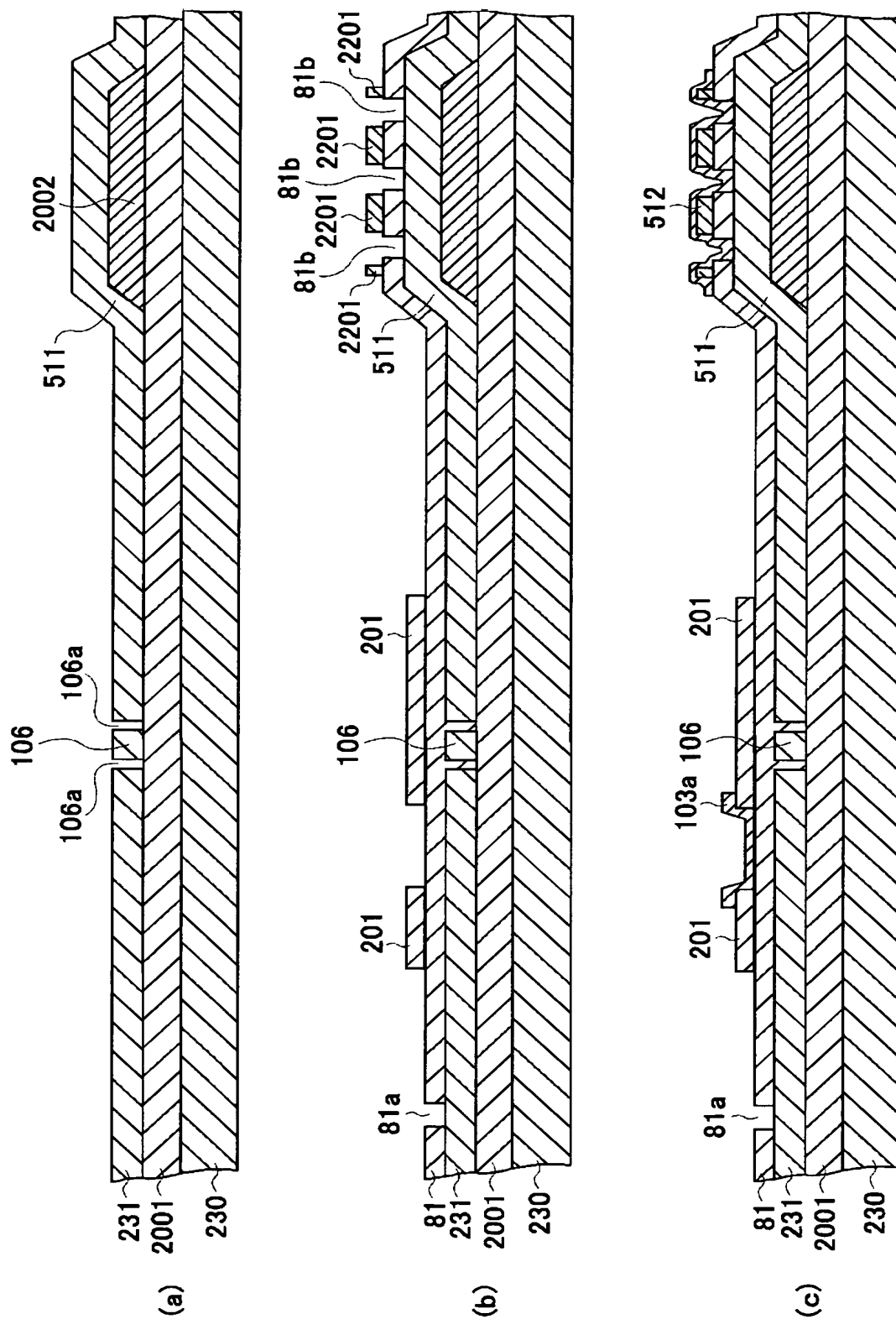


【図 8】



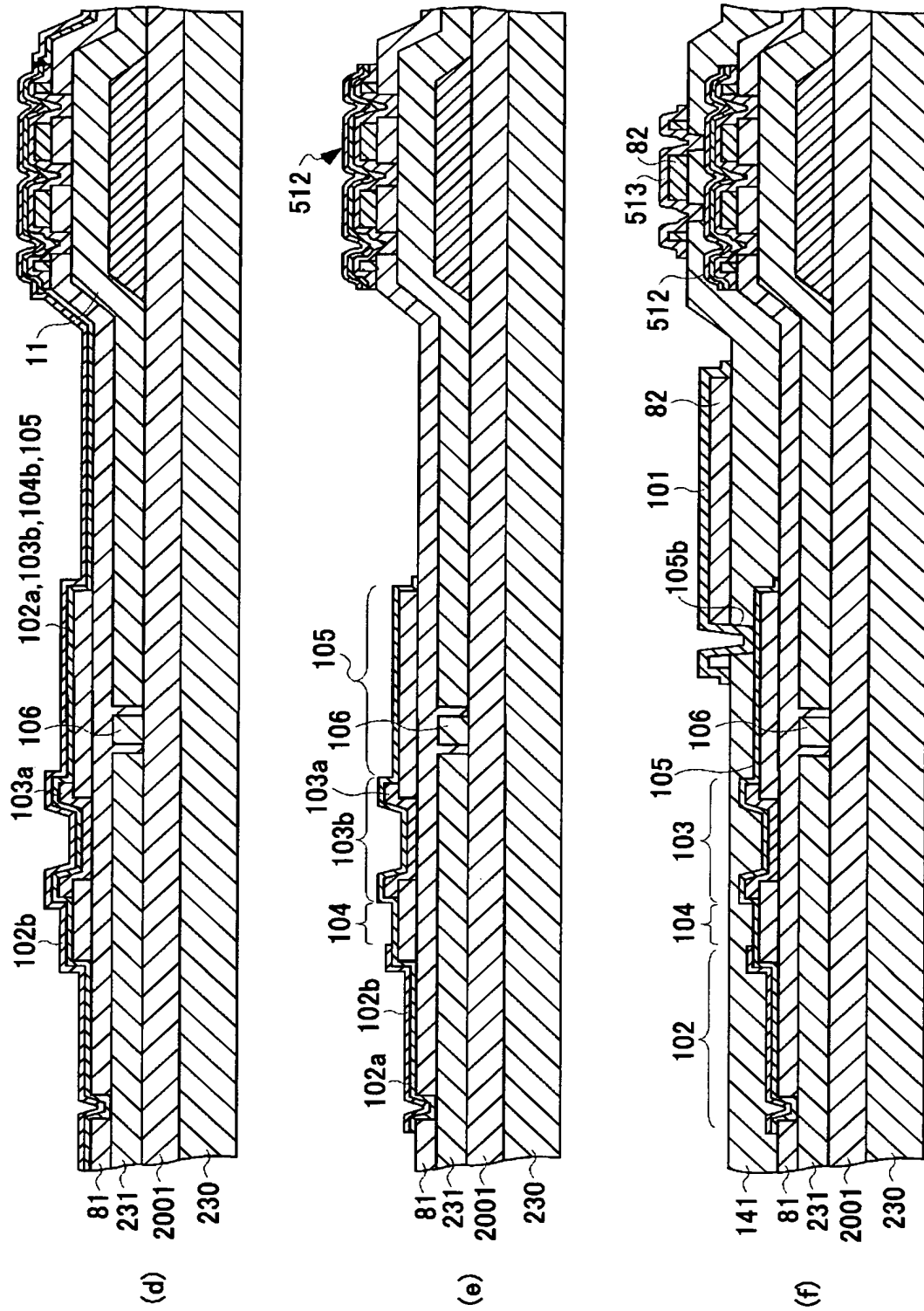
【図 9】

図9 A-A 断面図

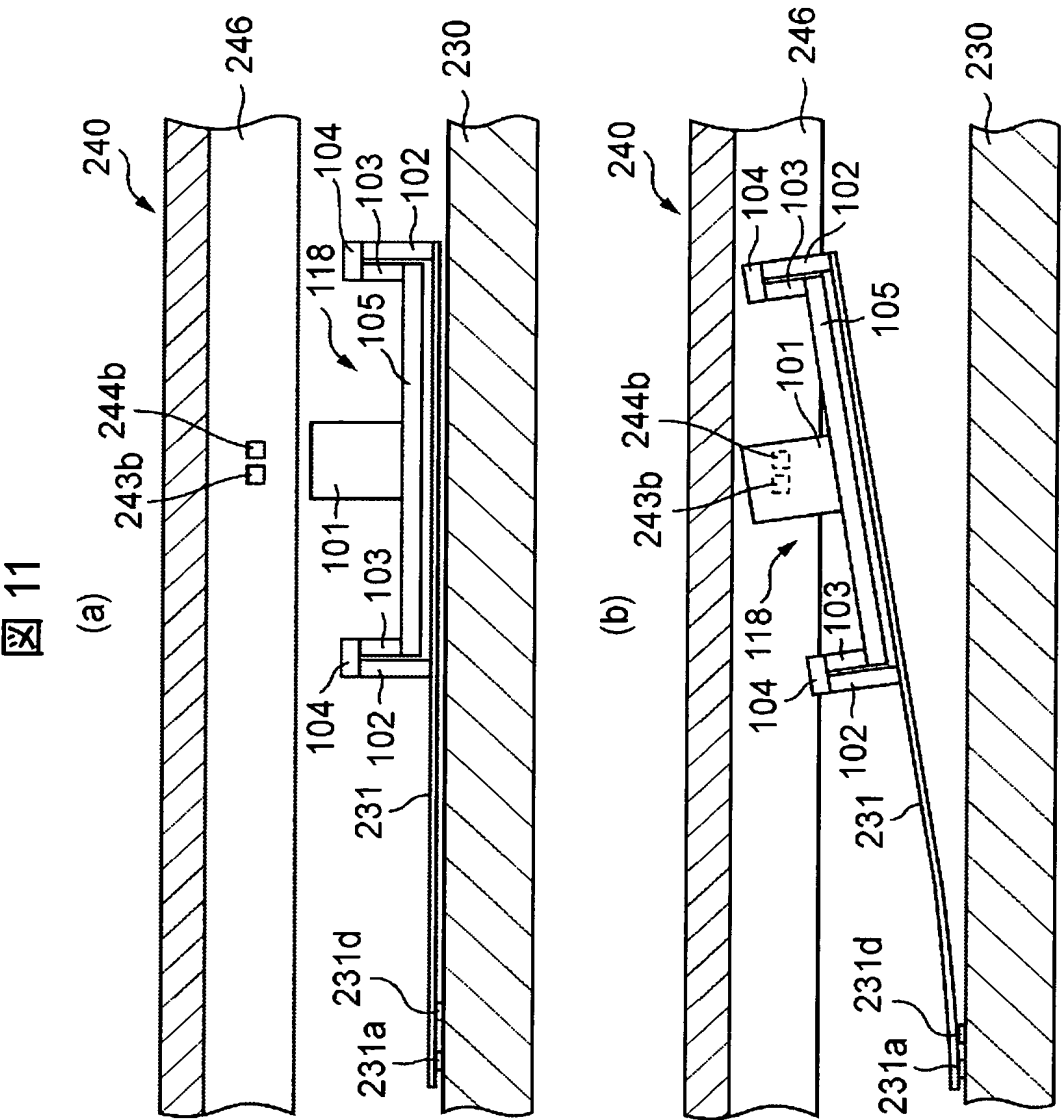


【図10】

図10 A-A 断面図

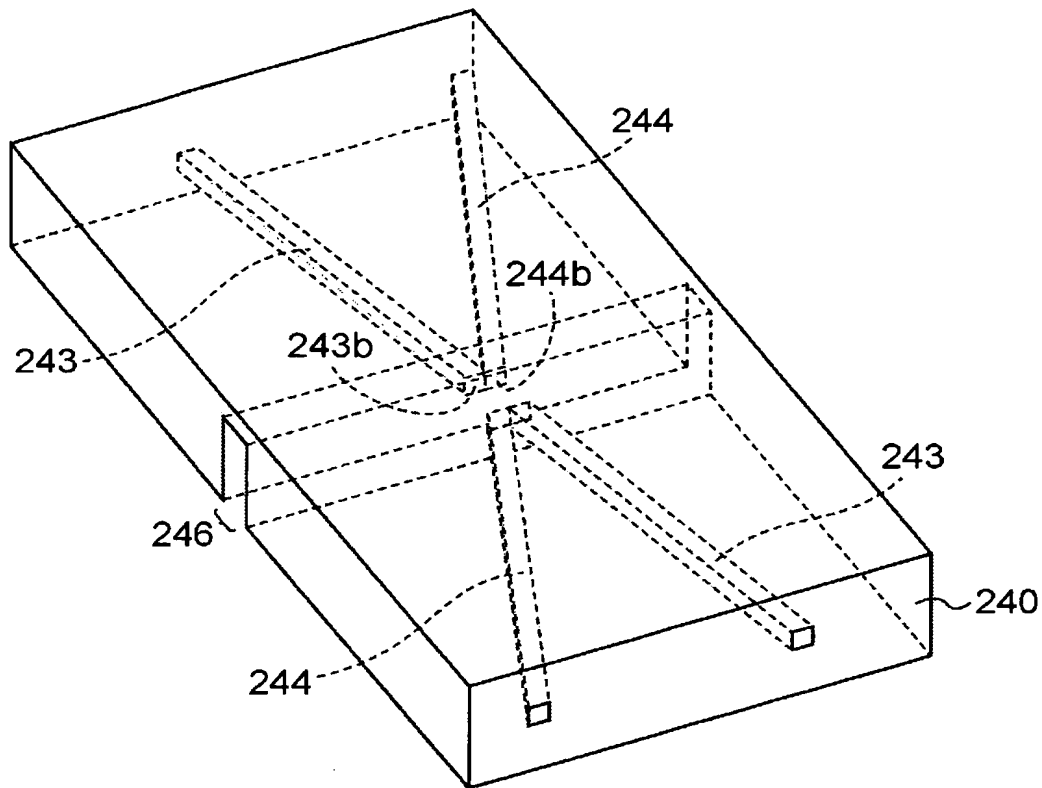


【図 11】



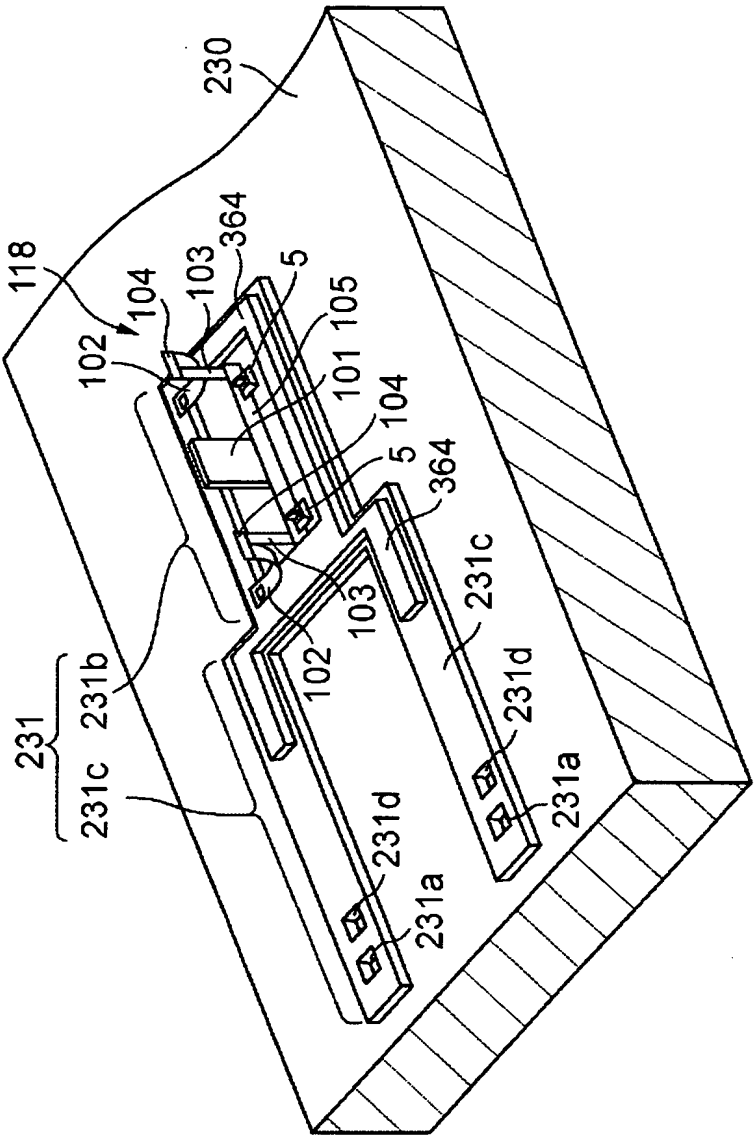
【図 12】

図 12



【図 13】

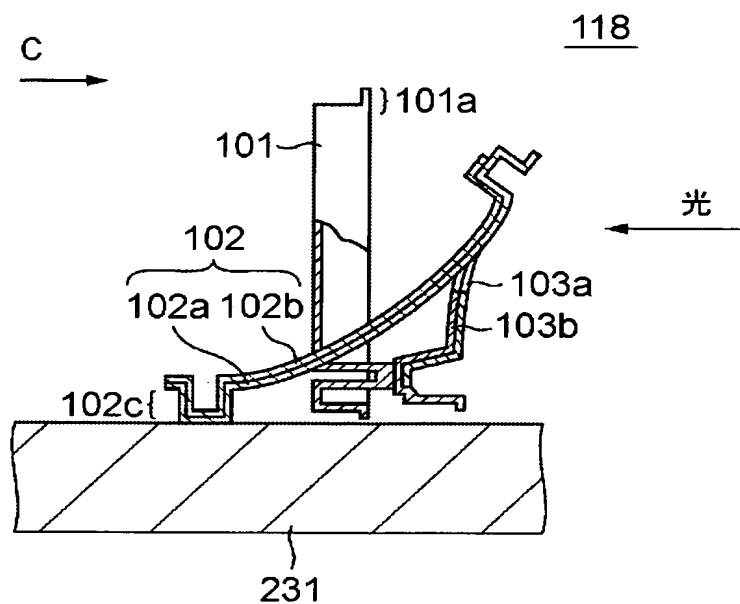
図 13



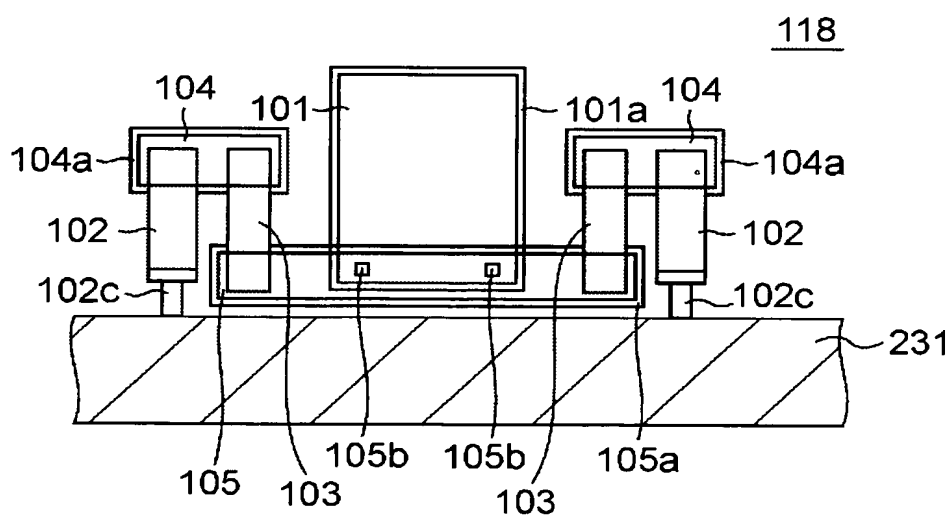
【図 14】

図 14

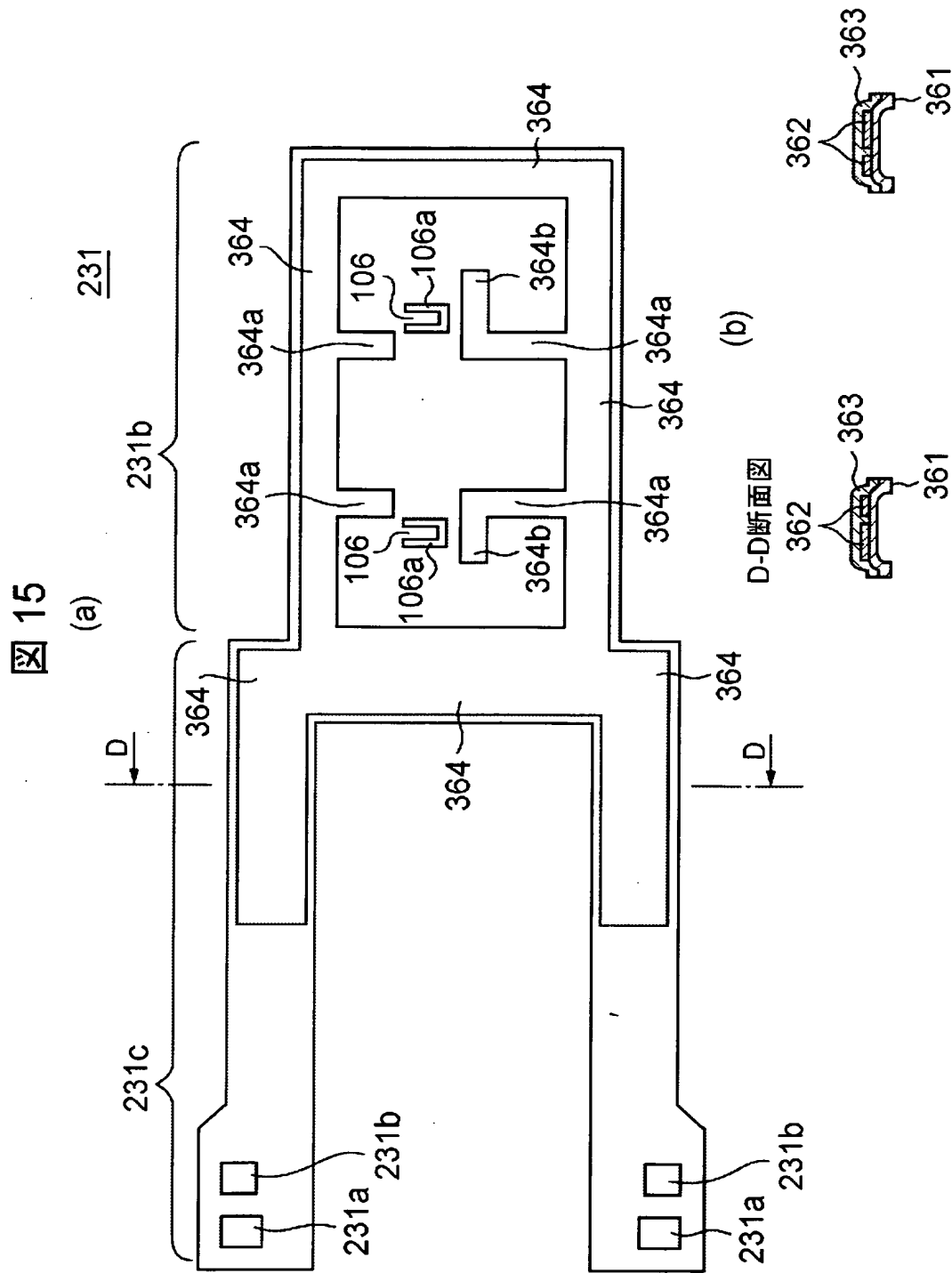
(a)



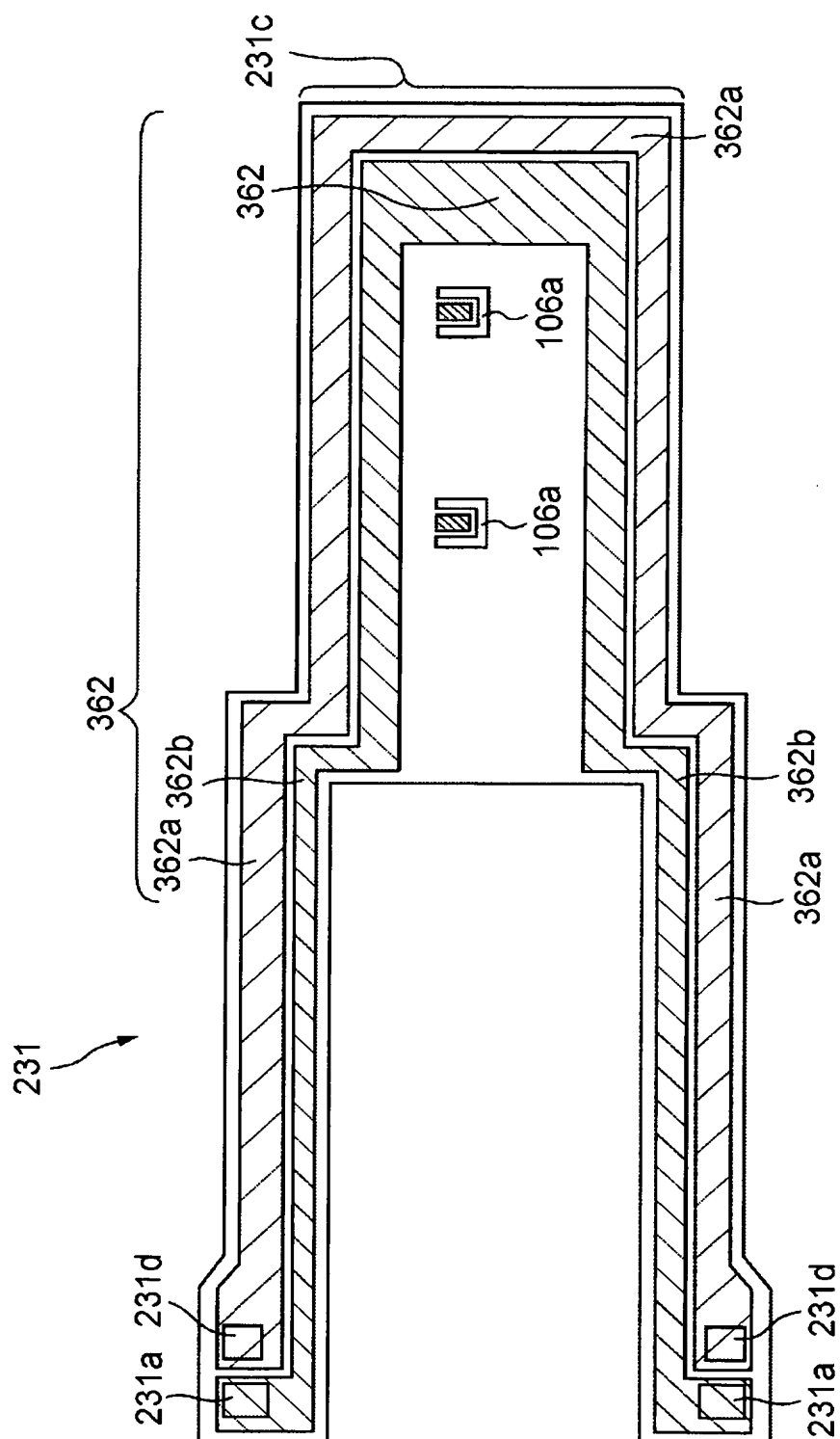
(b) C矢視図



【図 15】

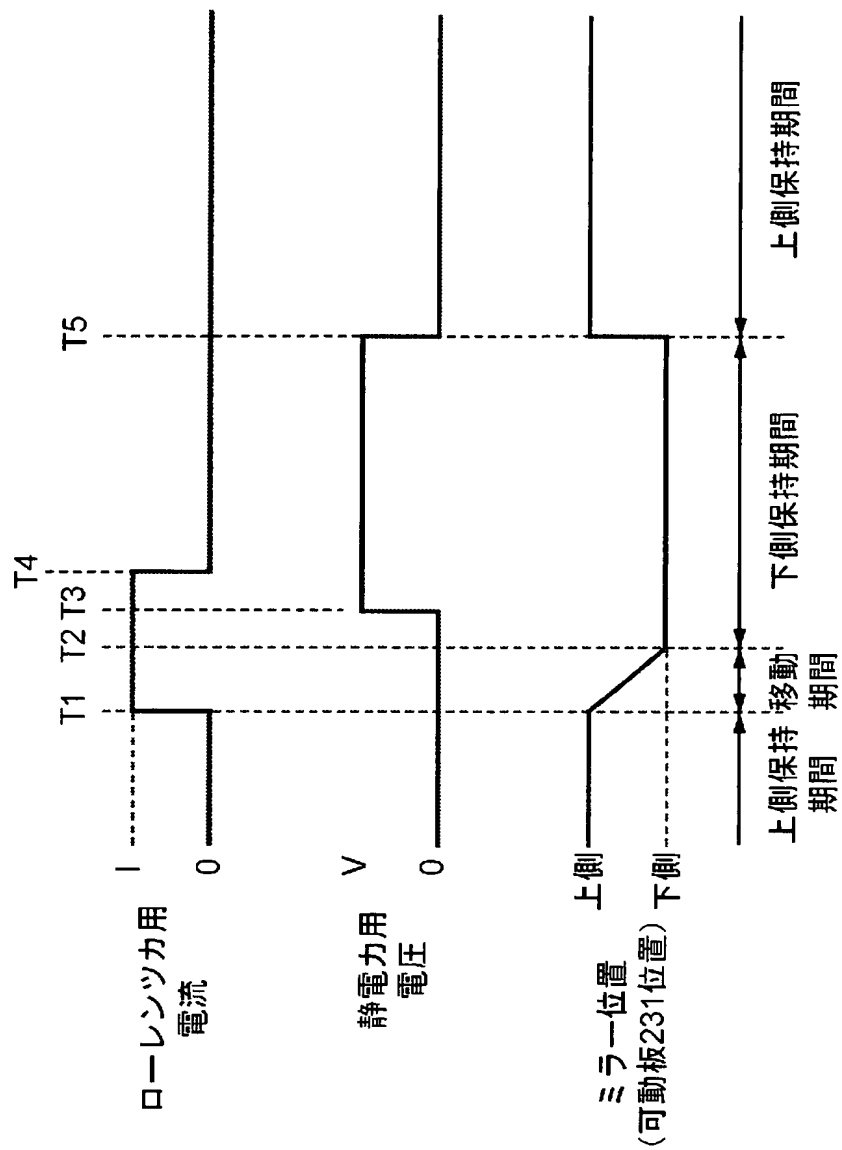


【図 16】



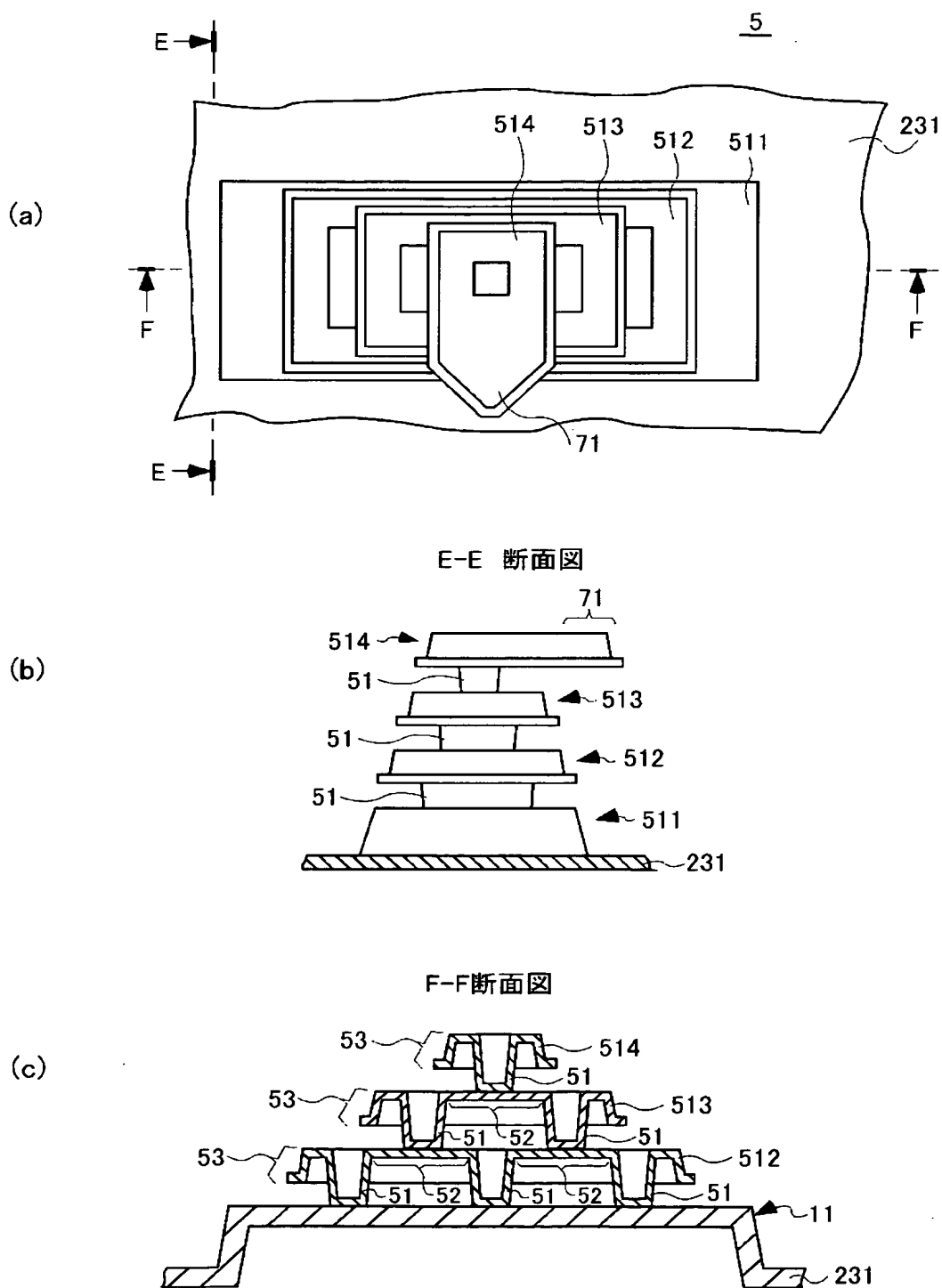
【図 17】

図 17



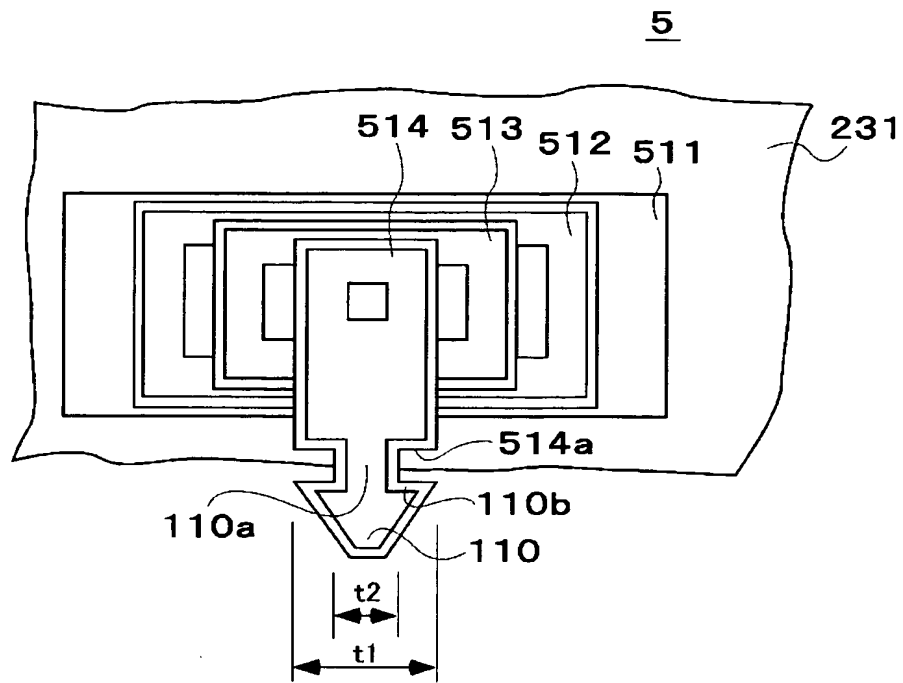
【図18】

図18



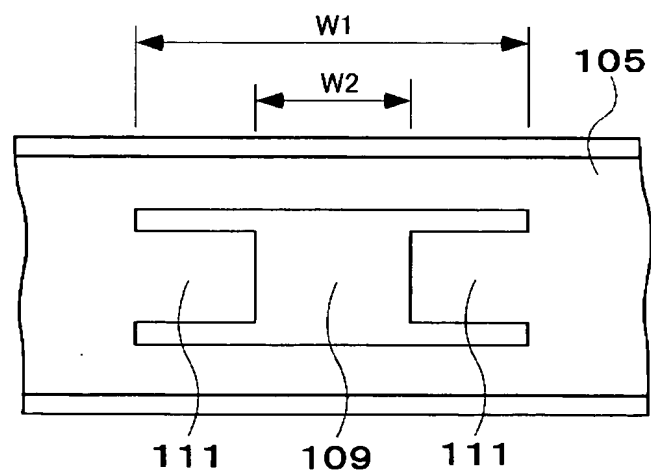
【図 19】

図 19



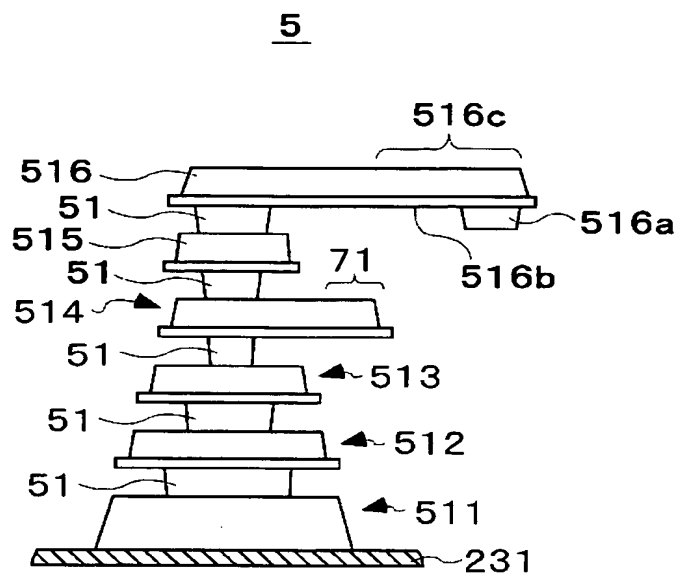
【図 20】

図 20



【図 21】

図21



【書類名】 要約書**【要約】**

【課題】 所望の向きに光学膜が支持され、安定した光学装置を提供する。

【解決手段】 基板 231 と、基板 231 上に搭載された光学素子 118 と、光学素子 118 の位置変動を抑制するための抑制部 106 とを有する。光学素子 118 は、所望の光学特性を有する光学膜 101 と、光学膜 101 を支持する支持部 102、104、103、105 とを有する。湾曲した帯状の支持部 102 は一方の端部 102c が基板 231 に固定され、他方の端部を湾曲により持ち上げることにより、光学膜 101 の主平面を基板 231 の主平面に対して非平行に支持する構成である。抑制部 106 は、光学膜 101 が、光学膜の法線方向、または、上方へ位置変動するのを抑制する。

【選択図】 図 2

特願 2 0 0 2 - 2 9 1 4 0 0

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 4 1 1 2]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 9 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都千代田区丸の内 3 丁目 2 番 3 号

氏 名

株式会社ニコン